



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

Diferencias en la velocidad de procesamiento, en niños con dislexia vs. controles, medidas con potenciales evocados de larga latencia (P300)

Silvia Angélica Puertas Céspedes

Universidad Nacional de Colombia
Maestría en Neurociencias
Facultad de Medicina
Bogotá, Colombia
2015



Diferencias en la velocidad de procesamiento, en niños con dislexia vs. controles, medidas con potenciales evocados de larga latencia (P300)

Silvia Angélica Puertas Céspedes

Tesis presentada como requisito parcial para optar al título de:
Magíster en Neurociencias

Director:
M.D. Neuropediatra, Álvaro Hernando Izquierdo Bello

Grupo de investigación en Neurociencias

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Medicina, Maestría en Neurociencias
Bogotá, D.C.

2015

A mi amor Daniel, por ser el aliado que la vida me otorgó en este duro camino. Fue mi guía en cada paso, la mano que me sostuvo, mi mayor motivador, el compañero de mis alegrías y mis tristezas. Esta dedicatoria nunca será suficiente para agradecerte todo lo que has hecho por mí. Tu amor me sacó adelante.

A toda mi familia, especialmente a mi madre Gladys y a mi hermano Sergio, por todo su apoyo. Estuvieron siempre ahí a pesar de las dificultades en estos años. Gracias por darme ánimo, comprensión, su ejemplo de vida y su amor incondicional.

A todas las manos que me apoyaron con su trabajo, buena voluntad y servicio, que confiaron en mí, que no me dejaron desistir a la mitad del camino y que me convencieron de que era posible hacer ciencia desde una perspectiva más humana, justa y ética, a pesar de las adversidades del entorno.

A todos los niños con dislexia en cualquier lugar del mundo, porque son maravillosos. Su encantador cerebro y su forma de ver la vida me conmovió. Por ellos valió la pena este increíble esfuerzo.

Agradecimientos

Al Doctor Álvaro Izquierdo Bello, por su supervisión y apoyo para hacer de esta investigación una realidad.

Al Doctor Mauricio Bonilla, por abrirme las puertas de su laboratorio, por tomarse el tiempo de instruirme, de escuchar mis inquietudes investigativas y de dejar en mí todas sus enseñanzas a nivel teórico y procedimental. Por confiar en mi trabajo y en mi capacidad de aprendizaje.

A los evaluadores de este proyecto, docentes de la Universidad Nacional: La profesora Rita Flórez Romero, el Dr. Pablo Lorenzana y el Dr. Carlos Medina Malo, por sus acertadas observaciones, de gran importancia para mejorar la construcción teórica del estudio.

A los asesores metodológicos internacionales, expertos en potenciales evocados: La Dra. Fabiola Gómez, el Dr. Andrés González Garrido del Instituto de Neurociencias de Guadalajara y la Dra. Irit Bar Kochva de la Universidad de Haifa, por cada uno de sus consejos a nivel metodológico, procedimental, y de análisis de datos, pues sin su ayuda hubiera sido completamente imposible saber cómo trabajar potenciales evocados en población con dificultades de aprendizaje. Fueron verdaderamente unos ángeles que iluminaron mi camino y llenaron de ideas productivas mi mente. No hay manera de agradecerles su desinteresada ayuda, por ahora les hago este reconocimiento.

A todos los docentes del laboratorio de Psicología Experimental de la Universidad El Bosque, por compartir conmigo sus enseñanzas, sus consejos, sus experiencias de vida, y por su constante motivación y reconocimiento a mi trabajo para llegar al final de este camino. Siento una inmensa alegría y gratitud con la vida por haberlos conocido.

A los neuropsicólogos y fonoaudiólogas que con sus conocimientos contribuyeron a la realización del proyecto.

A todos los niños que participaron en la investigación y especialmente a sus padres por toda su confianza depositada en mí al momento de recolectar sus datos.

A los directivos y al personal administrativo de las entidades de salud (Liga Central Contra la Epilepsia y CEDHI) y colegios (Carlo Federicci e Instituto Comercial Loreto) que me permitieron recolectar los datos de sus pacientes y estudiantes y trabajar en sus instalaciones. Gracias a la profesora Janeth Suárez por ponerme en contacto con esta segunda institución.

Al servicio de consultoría en estadística (II-2015), que contribuyó de manera satisfactoria al procesamiento y análisis de los datos obtenidos.



A la Dirección de Investigación (DIB) de la Universidad Nacional, por el financiamiento de la investigación y a la Universidad El Bosque que me acogió en su cálido ambiente durante este último año de trabajo, como si fuera una de sus estudiantes.

Por último, agradezco a las personas que mayormente contribuyeron a hacer posible el cumplimiento de esta meta:

A Leonardo Esteban, estudiante de Economía de la Universidad Nacional por su colaboración incondicional en la programación de las tareas conductuales y la asistencia técnica en los diferentes softwares empleados

A Juan Felipe Ruiz, estudiante de Ciencia Política de la Universidad Nacional por su asistencia técnica y humana en el laboratorio con los participantes de la investigación y su apoyo y resistencia.

A Daniel Buitrago, estudiante de Administración de Empresas de la Universidad Nacional, por toda su gestión para la consecución de los controles y su asistencia técnica en el laboratorio.

Resumen

Diferentes estudios han señalado que la dislexia en sistemas ortográficos transparentes tiene como característica principal, una velocidad disminuida en la lectura, con menos dificultades en precisión. Este es el caso del español. De acuerdo con una hipótesis cognitiva de la dislexia, dicha velocidad de lectura disminuida se encuentra relacionada con un reconocimiento de palabra deficiente, que puede ser atribuible a una asincronía, o desfase entre la velocidad de procesamiento de las modalidades visual-ortográfica y auditiva-fonológica.

Siguiendo tal antecedente, esta investigación buscó estudiar si existían diferencias entre la velocidad de procesamiento de las modalidades visual-ortográfica y auditiva-fonológica, por medio del análisis de potenciales evocados de larga latencia en niños con dislexia vs controles.

Para dicho fin, inicialmente se aplicó evaluación neuropsicológica para establecer diagnóstico de Trastorno Específico de la Lectura (dislexia) a una muestra seleccionada de diferentes entidades de salud y educativas. A estos participantes se les pareó por edad, sexo, estrato y grado escolar con niños sin dificultades de lectura (controles).

Posteriormente, se aplicó a la muestra cinco tareas conductuales con estímulos auditivos y visuales, lingüísticos y no lingüísticos, de alto y bajo nivel de procesamiento con registro electrofisiológico simultáneo (EEG).

Se concluyó que sí existieron diferencias entre la velocidad de procesamiento de las modalidades: La visual fue más rápida que la auditiva para ambos grupos, pero los datos no fueron suficientes para concluir lo mismo respecto a la modalidad ortográfica y la fonológica. Sin embargo, en la tarea Bada (con estímulos lingüísticos auditivos) que requería especialmente de segmentación, y análisis fonológico, los disléxicos se desempeñaron peor, ya que presentaron latencias más tardías (P500 (P300) y P700 (P500)) que los controles, hallazgo que nuevamente refuerza la presencia de una importante dificultad fonológica.

Los niños con dislexia tuvieron que reclutar una mayor cantidad de neuronas de la zona occipital y parietal media para hacer el análisis de los estímulos auditivos lingüísticos, en comparación con los niños del grupo control, así mismo, emplearon mayor población de neuronas en el hemisferio derecho, ante el estímulo frecuente, en comparación con los controles. Probablemente, debido a que este estímulo resultó ser más relevante para aquellos.

Ante el procesamiento de pseudopalabras los disléxicos reclutaron menor cantidad de neuronas que los controles en el área parietal izquierda, la cual coincide con una región del sistema de

lectura encargada del análisis ortográfico-fonológico (asociación grafema-fonema). Esto sugiere que procesaron las pseudopalabras de igual forma que las palabras (lexicalización).

En cuanto al procesamiento visual no lingüístico, los disléxicos tardaron más tiempo en procesar el estímulo infrecuente (*similar a L en espejo*), mientras que los controles tardaron más tiempo en procesar el estímulo frecuente (*similar a T invertida*). Probablemente esto representa un enfoque selectivo de la atención que resultó diferente para ambos grupos.

Se recomienda hacer mayor investigación en potenciales evocados de larga latencia en el estudio de la velocidad de procesamiento en dislexia.

Palabras clave: dislexia, velocidad de procesamiento, potenciales evocados de larga latencia, modalidad visual-ortográfica, modalidad auditiva-fonológica

Abstract

Different studies have found a delayed reading speed rather than precision deficit in dyslexia manifestations of shallow orthographic systems. This is the case of Spanish language. According with one cognitive hypothesis about dyslexia origins, diminished reading speed is related with deficient word recognition, which can be explained by an asynchronous stimuli processing between visual-orthographic, and auditory-phonological modalities.

This research followed that background, so studied the differences between processing speeds of visual-orthographic and auditory-phonological modalities, measured with long latency evoked potentials, in children with dyslexia vs. controls.

In order to accomplish that purpose, in first place, neuropsychological tests were applied to participants with suspected reading disabilities (dyslexia) to establish diagnosis. Then those children were paired with children without reading disabilities by age, socioeconomic level, and school grade.

Five behavioral tasks with simultaneous electrophysiological recording (EEG) were applied, involving visual and auditory, linguistic and non linguistic, high and low level processing stimuli.

It was concluded that there were differences between the processing speed of the modalities: Visual was faster than auditory for dyslexic and non dyslexic children, but data were not enough to conclude the same about orthographic and phonological modalities. However, in the Bada task (auditory linguistic stimuli) requiring especially segmentation and phonological analysis, dyslexics performed worse because they had more delayed latencies (P500 (P300) and P700 (P500)) than controls, finding that reinforces the presence of an important phonological difficulty.

Children with dyslexia had to recruit a greater number of neurons in the middle occipital and parietal area for the analysis of linguistic auditory stimuli, compared to control children, likewise, they required a greater population of neurons in the right hemisphere, at the frequent stimulus, compared to controls. Probably because this stimulus was more relevant to dyslexic children.

When processing pseudowords, dyslexic recruited fewer neurons than controls in the left parietal area, which coincides with a region of the reading system in charge of orthographical-phonological analysis (grapheme-phoneme association). This suggests that dyslexic children processed words the same way as pseudo-words (lexicalization).

As for the nonlinguistic visual processing, dyslexic took longer to process the rare stimulus (like mirror L), while the controls took longer to process the frequent stimulus (like inverted T). This probably represents a selective approach of attention that was different for both groups.

It is recommended to do more research on long latency evoked potentials at the study of the processing speed in dyslexia.

Keywords: developmental dyslexia, speed of processing, long latency evoked potentials, visual-orthographic modality, auditory-phonological modality

Contenido

Resumen	VI
Abstract.....	VIII
Contenido.....	X
Lista de figuras	14
Lista de tablas	16
Lista de cuadros	17
Lista de símbolos y abreviaturas.....	18
Símbolos.....	18
Abreviaturas.....	19
Introducción.....	20
1. Definición y planteamiento del problema	25
1.1 Definición del problema.....	25
1.2 Planteamiento del problema	25
2. Objetivos.....	26
2.1 General.....	26
2.2 Específicos.....	26
3. Hipótesis.....	27
4. Justificación.....	28
5. Marco Teórico	30
5.1 Definición de dislexia del desarrollo	30
5.2 Epidemiología de la dislexia	31
5.3 Subtipos de la dislexia del desarrollo.....	31
5.4 Hipótesis de las dislexias evolutivas	33
5.4.1 Hipótesis con sustrato cognitivo.....	33



5.4.2 Hipótesis con sustrato lingüístico	36
5.4.3 Hipótesis con sustrato neurológico.....	38
5.4.4 Hipótesis con sustrato genético	41
Fuente: Elaboración propia.....	45
5.5 El procesamiento de estímulos visuales	45
5.6 El procesamiento de estímulos auditivos	47
5.6.1. La percepción del habla	49
5.7 El reconocimiento de palabras y los modelos conexionistas.....	50
5.8 La velocidad de procesamiento de la información (SOP)	52
5.9 El sistema de lectura del cerebro y las etapas de evolución en la lectura.....	52
5.9.1 El lector novel o incipiente.....	52
5.9.2 El lector descifrador	53
5.9.3 El lector sensible y fluido	53
5.9.4 El lector experto	54
5.10 El sistema de lectura y la lengua del lector.....	56
5.11 La cronología de la lectura	58
5.11.1 De 0-100 ms: Atención a las letras.....	58
5.11.2 De 50-150 ms: Reconocimiento de letras.....	59
5.11.3 De 100-200 ms: El principio alfabético: La relación grafema-fonema	59
5.11.4 De 200-500 ms: El acceso al léxico y la comprensión	60
5.12 El sistema de lectura de un individuo con dislexia.....	60
5.13 Diferencias en la lectura según las características de los sistemas ortográficos.....	64
5.14 La influencia del sistema ortográfico del español en las manifestaciones de la dislexia	65
5.15 Potenciales evocados.....	66
5.15.1 Definición de potenciales evocados.....	66
5.15.2 Clasificación de los potenciales evocados.....	66
5.15.3 Definición de potenciales evocados relacionados con eventos cognoscitivos (ERP's) .	66
5.15.4 Componentes que aparecen en potenciales potenciales evocados relacionados con eventos cognoscitivos (ERP's)	67
5.16 Estudios de P300 visuales y auditivos en sujetos sanos y en sujetos con dislexia.....	73
5.16.1 Estudios de P300 visuales en sujetos sanos y en sujetos con dislexia	73
5.16.2 Estudios de P300 auditivos en sujetos sanos y en sujetos con dislexia	74

5.17 Estudios de potenciales evocados con estímulos lingüísticos y no lingüísticos, visuales y auditivos en sujetos sanos y en sujetos con dislexia	74
5.18 Estudios de reconocimiento de palabra con potenciales evocados de larga latencia	76
6. Metodología.....	79
6.1 Tipo de muestreo	79
6.2 Población.....	79
6.3 Criterios de selección	80
6.4 Participantes	80
6.5 Instrumentos de recolección de datos	81
6.5.1 Evaluación Neuropsicológica Infantil (ENI) (Matute, Rosselli, Ardila & Ostrosky-Solís, 2007)	81
6.5.2. Batería de procesos lectores en primaria (PROLEC-R) Cuetos, Rodríguez, Ruano & Arribas, 2007).....	84
6.5.3. Escala de Inteligencia de Weschler para niños WISC (<i>Weschler Intelligence Scale for Children</i>)(Weschler, 2007)	84
6.5.4 Tareas conductuales	86
6.6 Preparación para registro electrofisiológico.....	89
6.7 Protocolo de obtención de registro electrofisiológico	90
6.8 Obtención de registro electrofisiológico.....	91
6.9 Preparación de datos para análisis	93
6.10 Promediación y detección de picos	93
7. Consideraciones éticas.....	97
8. Análisis estadístico	95
Resultados.....	99
8.1 Pruebas neuropsicológicas	99
8.2 Medidas conductuales	103
8.2.1 Tiempos de reacción	104
8.2.2 Precisión.....	106
8.3 Medidas electrofisiológicas.....	107
8.3.1 Comparación entre grupos por componentes en cada tarea.....	108
8.3.2 Comparación entre grupos por estímulo.....	114
8.3.3 Comparación entre estímulos por grupo.....	125

8.3.3 Comparación intramodal (visual o auditiva) entre tareas con estímulos lingüísticos y tareas con estímulos no lingüísticos	137
8.3.4 Comparación Intermodal (visual-auditiva) entre tareas con estímulos no lingüísticos	145
8.3.5 Comparación Intermodal (visual-auditiva) entre tareas con estímulos lingüísticos.....	151
Diferencias entre las latencias de los componentes observados en las tareas	153
Diferencias intramodales e intermodales entre las latencias de cada componente.....	154
8. Discusión y conclusiones.....	156
9.1 Discusión	156
9.2 Conclusiones	161
9. Impacto esperado y recomendaciones	163
10.1 Impacto esperado	163
10.2 Recomendaciones	165
A. ANEXO: Consentimiento informado	166
B. ANEXO: Asentimiento informado	169
C. ANEXO: Cuestionario para padres Evaluación Neuropsicológica Infantil (ENI)	171
D. ANEXO: Historia clínica Evaluación Neuropsicológica Infantil (ENI)	174
E. ANEXO: Protocolo de registro Escala de Inteligencia WISC	184
F. ANEXO: Hoja de puntuación de pruebas aplicadas	186
G. ANEXO: Tabla de palabras escogidas para la tarea de decisión léxica	188
H. ANEXO: Tabla de pseudopalabras para la tarea de decisión léxica.....	191
I. ANEXO. Recomendaciones generales para los participantes	194
J. ANEXO. Instrucciones de cada una de las tareas.....	196
K. ANEXO: Instrucciones gráficas de tareas conductuales para participantes.....	197
L. ANEXO: Acta de evaluación del comité de ética	202
10. Referencias Bibliográficas	206

Lista de figuras

<i>Figura 1.</i> Hipótesis del origen de la dislexia con sustrato cognitivo..	36
<i>Figura 2.</i> Hipótesis del origen de la dislexia con sustrato lingüístico.....	38
<i>Figura 3.</i> Hipótesis del origen de la dislexia con sustrato neurológico.....	40
<i>Figura 4.</i> Hipótesis del origen de la dislexia con sustrato genético..	44
<i>Figura 5.</i> Hipótesis causales del origen de la dislexia..	45
<i>Figura 6.</i> Vía dorsal y ventral.....	46
<i>Figura 7.</i> El sistema visual	47
<i>Figura 8.</i> El sistema auditivo	48
<i>Figura 9.</i> El procesamiento de estímulos auditivos y visuales	49
<i>Figura 10.</i> El sistema límbico.....	53
<i>Figura 11.</i> Las rutas dorsal y ventral del sistema lector	54
<i>Figura 12.</i> La comprensión en el lector experto..	55
<i>Figura 13.</i> Regiones implicadas en el sistema lector.....	56
<i>Figura 14.</i> El sistema de lectura y su relación con la lengua	57
<i>Figura 15.</i> Procesos de atención a las letras	58
<i>Figura 16.</i> Área de la forma visual de las palabras.....	59
<i>Figura 17.</i> Cronología de la lectura	60
<i>Figura 18.</i> Cronología de la dislexia.....	62
<i>Figura 19.</i> Comparación entre el sistema lector de individuos con y sin dislexia.....	63
<i>Figura 20.</i> Las diferencias entre el sistema lector normal y el de los disléxicos	64
<i>Figura 21.</i> Nombres y distribución de los electrodos.....	92
<i>Figura 22.</i> Electrodo asignados al electrooculograma	93
<i>Figura 23.</i> Comparación entre grupos Tarea DL-P100 estímulo 1 (palabras) y 2 (pseudopalabras).....	116
<i>Figura 24.</i> Comparación entre grupos Tarea DL-N200 estímulo 1 (palabras) y 2 (pseudopalabras).....	118
<i>Figura 25.</i> Comparación entre grupos, tarea DV-P100, estímulo 1 (q) y 2 (p).....	120
<i>Figura 26.</i> Comparación entre grupos. Tarea Hertz-P100 estímulo 1 (tono grave) y 2 (tono agudo).....	122
<i>Figura 27.</i> Comparación entre grupos. Tarea Hertz-N200. Estímulo 1 (tono grave) y 2 (tono agudo).....	123

<i>Figura 28.</i> Comparación entre estímulos. Tarea Bada-P500. Controles y disléxicos.....	126
<i>Figura 29.</i> Comparación entre estímulos. Tarea DL-P100. Controles y disléxicos.....	127
<i>Figura 30.</i> Comparación entre estímulos. Tarea DL-N200. Controles y disléxicos	128
<i>Figura 31.</i> Comparación entre estímulos. Tarea DL- P300. Controles y disléxicos.....	129
<i>Figura 32.</i> Comparación entre estímulos. Tarea DV-P100. Controles y disléxicos.	130
<i>Figura 33.</i> Comparación entre estímulos. Tarea DV-N200. Controles y disléxicos.....	131
<i>Figura 34.</i> Comparación entre estímulos. Tarea DV-P300. Controles y disléxicos.	132
<i>Figura 35.</i> Comparación entre estímulos. Tarea Hertz-N200. Controles y disléxicos.....	133
<i>Figura 36.</i> Comparación entre estímulos. Tarea Hertz-P300. Controles y disléxicos.	134
<i>Figura 37.</i> Comparación entre estímulos. Tarea Image-P100. Controles y disléxicos.....	135
<i>Figura 38.</i> Comparación entre estímulos. Tarea Image-N200. Controles y disléxicos	136
<i>Figura 39.</i> Comparación entre estímulos. Tarea Image- P300. Controles y disléxicos.....	137
<i>Figura 40.</i> Comparación intramodal. Tarea Hertz y Bada-P300. Controles.....	138
<i>Figura 41.</i> Comparación intramodal. Tarea Bada y Hertz-P300. Disléxicos.....	139
<i>Figura 42.</i> Comparación intramodal. Tarea DV e Image-P100. Controles.....	140
<i>Figura 43.</i> Comparación intramodal. Tarea Image y DV- P100. Disléxicos	141
<i>Figura 44.</i> Comparación intramodal. Tarea DV e Image-N200. Controles	142
<i>Figura 45.</i> Comparación intramodal. Tarea DV e Image-N200. Disléxicos	142
<i>Figura 46.</i> Comparación intramodal. Tarea DV e Image-P300. Controles.....	144
<i>Figura 47.</i> Comparación intramodal. Tarea DV e Image-P300. Disléxicos.....	145
<i>Figura 48.</i> Comparación intermodal. Tarea Image y Hertz -P100. Controles	146
<i>Figura 49.</i> Comparación intermodal. Tarea Image y Hertz-P100. Disléxicos.....	147
<i>Figura 50.</i> Comparación intermodal. Tarea Image y Hertz-N200. Controles	148
<i>Figura 51.</i> Comparación intermodal. Tarea Image y Hertz-N200. Disléxicos.	149
<i>Figura 52.</i> Comparación intermodal. Tarea Image y Hertz-P300. Controles.....	150
<i>Figura 53.</i> Comparación intermodal. Tarea Image y Hertz-P300. Disléxicos.....	151
<i>Figura 54.</i> Comparación intermodal. Tarea DV y Bada-P300. Controles.....	152
<i>Figura 55.</i> Comparación intermodal. Tarea DV y Bada-P300. Disléxicos.....	153

Lista de tablas

Tabla 1. <i>Características sociodemográficas de los participantes</i>	80
Tabla 2. <i>Ventanas de análisis para detección de picos en Grandes Promedios</i>	94
Tabla 3. <i>Ventanas de análisis para detección de picos individuales</i>	95
Tabla 4. <i>Pruebas neuropsicológicas</i>	99
Tabla 5. <i>Estímulo 1-Tiempos de reacción</i>	105
Tabla 6. <i>Estímulo 2-Tiempos de reacción</i>	105
Tabla 7. <i>Estímulo 1-Precisión</i>	106
Tabla 8. <i>Estímulo 2-Precisión</i>	107
Tabla 9. <i>Componente P100 Tarea DL</i>	109
Tabla 10. <i>Componente N200 Tarea DL</i>	110
Tabla 11. <i>Componente P300 Tarea DL</i>	111
Tabla 12. <i>Componente P100 Tarea DV</i>	112
Tabla 13. <i>Componente P100 Tarea Hertz</i>	113
Tabla 14. <i>Componente N200 Tarea Hertz</i>	114
Tabla 15. <i>Diferencia de latencias P700 (P500)-P500(P300) en Bada</i>	154
Tabla 16. <i>Diferencias entre tareas en el mismo componente</i>	155

Lista de cuadros

Cuadro 1. <i>Regiones, áreas y funciones implicadas en el sistema de la lectura</i>	55
Cuadro 2. <i>Subpruebas aplicadas de la batería de la ENI</i>	82
Cuadro 3. <i>Dominios cognitivos de la WISC-IV</i>	85
Cuadro 4. <i>Codificación de las tareas conductuales</i>	103
Cuadro 5. <i>Estímulos presentados en cada tarea a los participantes</i>	104

Lista de símbolos y abreviaturas

Símbolos

Símbolo	Término	Unidad SI	Definición
Hz	Hercios	Hz	$f = \frac{1}{T} = \text{Hz} = s^{-1}$ $= \frac{1}{s}$
K Ω	Kilo-ohmios	Ω	$\frac{v}{a} = m^2 kg s^{-3} A^{-2}$
ms	Milisegundos	S	$\frac{w}{a} = m^2 kg s^{-3} A^{-1}$
μv	microvoltios	V	$1V = \frac{w}{A} = \frac{C}{F} = \frac{J}{C}$ $= \frac{N * m}{A * s} = \frac{Kg * m^2}{A * s^3}$

Abreviaturas

Abreviatura	Término
ENI	Evaluación Neuropsicológica Infantil
PROLEC-R	Batería de evaluación de procesos lectores en primaria (Revisada)
WISC-IV	Escala de Inteligencia de Weschler (IV edición)
DSM-IV	Manual diagnóstico y estadístico de los trastornos mentales (IV edición)
CIE 10	Clasificación Internacional de las Enfermedades
Bada	Tarea de procesamiento auditivo lingüístico
DL	Tarea de decisión léxica
DV	Tarea de procesamiento visual lingüístico
Hertz	Tarea de procesamiento auditivo no lingüístico
Image	Tarea de procesamiento visual no lingüístico

Introducción

La dislexia se define como una dificultad específica de aprendizaje, con un origen neurobiológico, caracterizada por dificultades en el reconocimiento de las palabras, distorsiones, sustituciones, omisiones, de letras, palabras, oraciones, deletreo y decodificación pobres. Todas estas dificultades probablemente se derivan de un déficit a nivel fonológico y conllevan a un desempeño bajo en comprensión de lectura, un crecimiento pobre del vocabulario, la falta de motivación hacia la lectura y la ansiedad y aprehensión hacia los textos escritos. Todo lo anteriormente mencionado, en discrepancia con un coeficiente intelectual normal y una instrucción escolar adecuada en los procesos de enseñanza de la lectura.

Es el más común y el más estudiado de los trastornos de aprendizaje, el cual afecta al 80% de los individuos que se identifican con este, pues de acuerdo con la cuarta versión del *Manual Diagnóstico y Estadístico de los Trastornos Mentales* (DSM IV TR): “El trastorno de la lectura, solo o en combinación con un trastorno del cálculo o un trastorno de la expresión escrita, se observa en aproximadamente 4 de cada 5 casos de trastorno del aprendizaje”. De manera que ocurre entre el 5% y el 17.5% de la población de niños escolares (Lyon, Fletcher, & Barnes, 2002; Shaywitz, Escobar, Shaywitz, Fletcher & Makuch, 1992; Shaywitz, 1998; Benton & Pearl, 1978).

La American Psychiatric Association, en la cuarta versión del Manual Diagnóstico y Estadístico de los Trastornos Mentales (DSM IV -TR) (2003) establece los siguientes criterios para el trastorno de la lectura:

- A. Un rendimiento en la lectura medido por test de lectura y comprensión de lectura, estandarizado aplicado en forma individual; se encuentra por debajo de lo esperado para personas de igual edad cronológica, inteligencia y oportunidad apropiada para la educación.
- B. Las dificultades del criterio A, interfieren de manera significativa con el rendimiento académico o actividades de la vida diaria que requieren de esta actividad.
- C. Si existe déficit sensorial, las dificultades en lectura exceden a las asociadas a este déficit.

Si se interpreta bajo un modelo de distribución normal de lectura, este trastorno se ubicaría en la cola más baja del continuo, en donde ocurre la discapacidad de lectura, entendiéndose que de manera análoga a la parábola de San Mateo, (Stanovich, 1986) según la cual los ricos, cada vez

son más ricos y los pobres cada vez son más pobres, así mismo, los buenos lectores cada vez serán mejores: adquirirán velocidad, precisión, vocabulario, estrategias de comprensión, en su ejercicio lector; mientras que los malos lectores, empeorarán con el paso del tiempo, al rechazar el contacto con el texto escrito y en consecuencia privarse de los beneficios de la práctica.

Las dificultades que presentan los sujetos con dislexia, varían de acuerdo con el sistema de escritura de su lengua materna. Es así como las manifestaciones clínicas no son las mismas para quien ha aprendido a leer y a escribir en inglés, que por ejemplo, quien lo ha hecho en español.

El sistema de escritura de una lengua provee unidades que se corresponden con uno o más niveles de la lengua (fonémico, silábico, morfológico, léxico) y esto influenciará posteriormente el proceso de identificación de palabras escritas y por lo tanto la lectura. De hecho, hay influencias que trascienden el sistema de escritura y se alojan en el sistema ortográfico. Es así como se definen diferencias con base en el grado de transparencia o profundidad, consistencia y regularidad, todas ellas, características fundamentadas en el principio de que los grafemas (letras y cadenas de letras) corresponden a las unidades fonémicas del habla (Perfetti & Tan, 1999).

En el caso específico del español, las asociaciones entre grafemas y fonemas es mucho más transparente (correspondencia de 1 a 1) que las de otros idiomas, como por ejemplo el inglés (Cuetos, 2011), y en cualquier otro idioma de escasa opacidad, (como por ejemplo, el alemán), el aprendizaje de estas, no supone una dificultad para los niños, como sí lo supone su adecuada automatización, de tal manera que las principales fallas en el proceso de lectura, en un sistema ortográfico transparente, no radican en la precisión, sino en la velocidad en el reconocimiento de palabra. (Wimmer, 1993; Tressoldi, Stella & Faggella, 2001; Wimmer & Goswami, 1994). Este hecho hace dirigir la mirada más allá de la explicación que brinda un déficit de tipo fonológico como causa de la dislexia (Elbro, 1997; Liberman & Shankweiler, 1979, 1991; Snowling, 2000; Stanovich, 1988a, 1988b; Vellutino, 1979, Ramus, 2003), y problematizar e hipotetizar que en los niños con dislexia, hablantes nativos de español, probablemente puede existir un déficit en la sincronía entre la velocidad de procesamiento (Breznitz, 2002, Breznitz & Misra, 2003) e integración de respuestas ante los estímulos auditivos y visuales (modalidad visual-ortográfica y auditiva-fonológica), que podría explicar las manifestaciones de la dislexia en el sistema ortográfico transparente del español.

Sobre el tema de la asincronía en la velocidad de procesamiento (SOP) Breznitz es quien ha realizado la mayor cantidad de investigación. En el 2002, estudió la asincronía entre las modalidades visual -ortográfica y auditiva-fonológica como hipótesis para explicar los déficits de reconocimiento de palabra entre los lectores disléxicos, por medio de tareas conductuales lingüísticas y no lingüísticas, tanto auditivas y visuales de bajo nivel y tareas ortográficas y fonológicas de alto nivel, con registro electrofisiológico simultáneo en lectores disléxicos de primaria y en lectores normales pareados por edad cronológica. Encontró que los disléxicos fueron significativamente más lentos que los controles en la mayoría de las tareas experimentales, con un un intervalo de la SOP sistemático en P200 y P300 entre las modalidades auditiva- fonológica y visual-ortográfica. Todo esto llevó a la autora a plantear, que la asincronía entre las tasas de procesamiento de las modalidades auditiva y visual podría ser una causa subyacente de dislexia.

En el año 2003, Breznitz y Meyler realizaron un estudio con adultos disléxicos de nivel universitario y lectores normales, por medio de tareas *oddball* visuales y auditivas, no lingüísticas y lingüísticas subléxicas, y de una tarea trans-modal no lingüística, con registro electrofisiológico

de potenciales evocados. Encontraron tiempos de reacción más largos y latencias de P200 y P300 más tardías en las tareas *oddball* visuales comparadas con las auditivas. Así mismo, tiempos de reacción y latencias de ERP más largas en una tarea trans-modal (visual-auditiva). Las latencias del tiempo de reacción y de los ERP fueron más tardías entre los disléxicos, en comparación con los lectores normales, en todas las tareas. Hallaron un intervalo más grande entre las latencias ERP en la modalidad visual, en comparación con la modalidad auditiva para cada componente en los disléxicos, comparados con los lectores normales que fue especialmente evidente en el nivel lingüístico.

Breznitz y Misra, (2003), aplicaron un estudio muy similar al del 2002, realizado solo por Breznitz, pero con universitarios disléxicos y normales. Intentaron comprobar si la asincronía en la velocidad de procesamiento SOP entre las modalidades visual-ortográfica y auditiva-fonológica contribuía a los déficits de reconocimiento de palabra entre los adultos disléxicos. En el estudio se evaluó el procesamiento auditivo y visual no lingüístico (tonos y formas) y lingüístico (fonemas y grafemas) con estímulos de bajo nivel, así como el procesamiento ortográfico y fonológico de alto nivel (en una tarea de decisión léxica) con registro electrofisiológico simultáneo. Encontraron que los lectores adultos disléxicos habían tenido tiempos de reacción más lentos y latencias de P300 más largas, que los lectores control en la mayoría de las tareas. También hallaron latencias P200 más tardías para la tarea de decisión léxica. Pero lo que realmente cabe resaltar de esta investigación, es que los disléxicos adultos presentaron un intervalo sistemático en la SOP en la latencia P300, entre las medidas de procesamiento auditivo-fonológico y visual-ortográfico. Tal hallazgo apoya los resultados del estudio del 2002, respecto a la asincronía de la SOP como un factor subyacente a la dislexia.

Breznitz (2003) posteriormente, evaluó la velocidad de procesamiento usando como medidas el tiempo de reacción y las latencias electrofisiológicas de ERP durante el desempeño de una tarea fonológica y ortográfica. Siguiendo las latencias de P2, P3, N4 en tareas fonológicas comparadas con las de tareas ortográficas en disléxicos y en lectores normales, halló una velocidad de procesamiento durante las tareas de juicio fonológico significativamente prolongada en el primer grupo en comparación con el segundo. Nuevamente, halló intervalos mayores en la velocidad de procesamiento de las dos tareas en el grupo de disléxicos, especialmente evidentes en la latencia de P3 y el tiempo de reacción ante los estímulos.

Miller-Shaul y Breznitz (2004) encontraron un retraso en la latencia P300 entre los adultos disléxicos y niños con dislexia en una tarea de decisión léxica mientras que procesaban palabras y pseudopalabras.

En un estudio posterior, Meyler y Breznitz (2005) se propusieron indagar sobre los componentes ERP durante el procesamiento del patrón fonológico y ortográfico entre los lectores disléxicos adultos y determinar la magnitud de la velocidad de procesamiento reducida en diferentes etapas de la secuencia cognitiva para el grupo con dislexia. Encontraron como resultado, P200 y P300 con menor amplitud y latencia más tardía entre los lectores disléxicos que entre los lectores normales para ambos tipos de representaciones, aunque las diferencias halladas resultaron mayores para las representaciones fonológicas. Observaron también intervalos de tiempo mayores entre los lectores disléxicos que entre los lectores normales entre diferentes etapas de procesamiento.

Todos estos antecedentes, guiaron la metodología para resolver el interrogante central de la investigación. Por tal motivo, se aplicaron a 15 niños con diagnóstico de dislexia y a 15 controles cinco tareas conductuales con registro electrofisiológico simultáneo para obtener potenciales evocados de larga latencia o cognoscitivos. Dos de estas tareas examinaron el procesamiento auditivo de bajo nivel, una con estímulos lingüísticos y otra con estímulos no lingüísticos. Otras dos examinaron el procesamiento visual de bajo nivel, una con estímulos del lenguaje, y otra con estímulos que no eran del lenguaje. Así mismo, se aplicó una tarea de decisión léxica entre palabras y pseudopalabras.

Era necesario abordar este cuestionamiento, pues como resultado de la revisión bibliográfica, en bases de datos latinoamericanas no se obtuvieron reportes de investigaciones, que hubieran empleado potenciales evocados de larga latencia, para investigar si existían diferencias en la velocidad de procesamiento de las modalidades visual-ortográfica y auditiva-fonológica, en niños con dislexia y controles.

La investigación buscó implementar los mismos criterios de inclusión y exclusión de los estudios españoles y latinoamericanos reportados en este documento (ver justificación), sobre el uso de potenciales evocados en relación con el estudio de la dislexia, con el fin de permitir comparabilidad y propender por el control de los sesgos, a pesar de sus limitaciones en términos de la cantidad de participantes (n=30) que no permiten que se asuma el supuesto de normalidad para extrapolar los resultados obtenidos a toda la población hispanohablante con dislexia. Así mismo, a pesar de que el número de estímulos presentados en cada tarea no fue alto, por restricciones de tiempo y con el fin de evitar cansancio en los niños (la aplicación de las cinco tareas duraba aproximadamente media hora, sin contar con la preparación y acomodación del gorro, que sumaba una hora más), los resultados obtenidos permiten distinguir con claridad las diferencias en latencia y amplitud de los picos de los componentes hallados, vinculados con el procesamiento de estímulos de distinta índole, que dan un panorama general de los procesos cognitivos implicados y su nivel de profundidad.

Se espera que este estudio tenga un gran impacto a nivel científico pues ampliará el estado de la cuestión sobre la velocidad de procesamiento de los estímulos visuales-ortográficos y auditivos-fonológicos en el reconocimiento de palabra en el español de Colombia. Adicionalmente, basará los cimientos para plantear una nueva línea de investigación en Colombia que proponga el uso de potenciales evocados de larga latencia para el estudio neurofisiológico de la dislexia.

Esta investigación tendrá alcance en el ámbito social, específicamente en el familiar, pues los resultados obtenidos influirán en la comprensión de las habilidades y las dificultades del niño, por parte de sus padres o cuidadores.

El impacto del estudio también permeará el ámbito de salud, puesto que los resultados obtenidos pueden conducir a la propuesta de nuevos y más efectivos protocolos de intervención, considerando las variables tratadas en el estudio.

La investigación podría tener un alcance en la esfera política, contribuyendo a la generación de una serie de regulaciones en la salud pública, adaptadas al abordaje de este tipo de dificultades. Así mismo, podría haber un alcance en la inclusión de las necesidades especiales de la población con trastornos de aprendizaje dentro del currículo escolar, a través de la regulación de políticas educativas que velen por estas.

Se espera que haya alcance también el ámbito educativo, al brindarle a los docentes y directivas de los colegios, a través de la retroalimentación de los resultados obtenidos, una información más detallada sobre el procesamiento de la información en los niños con dislexia, que les permita reflexionar sobre la importancia del cubrimiento de las necesidades de los niños con dificultades en el aula.

1. Definición y planteamiento del problema

1.1 Definición del problema

Wimmer y Frith (1997) han señalado que los problemas de lectura se manifiestan de forma diferente, de acuerdo con el grado de opacidad y transparencia (correspondencia entre grafemas y fonemas) de los sistemas ortográficos. Diferentes estudios (Wimmer, 1993; Tressoldi, Stella & Faggella, 2001,; Wimmer & Goswami, 1994) se han encargado de señalar que la dislexia en sistemas ortográficos transparentes tiene como característica principal, una velocidad disminuida en la lectura, con menos frecuencia en las dificultades de precisión. Este es el caso del español. Dicha velocidad de lectura disminuida se encuentra relacionada con un reconocimiento de palabra deficiente, que puede ser atribuido a una asincronía, o desfase entre la velocidad de procesamiento de las modalidades visual-ortográfica y auditiva-fonológica.

1.2 Planteamiento del problema

¿Existen diferencias entre la velocidad de procesamiento de las modalidades visual-ortográfica y auditiva-fonológica, medidas con potenciales evocados de larga latencia, en niños con dislexia vs. controles?

2. Objetivos

2.1 General

Investigar si existen diferencias entre la velocidad de procesamiento (SOP) de las modalidades visual-ortográfica y auditiva-fonológica, por medio de potenciales evocados visuales y auditivos de larga latencia (P300), en niños con dislexia y sus respectivos controles.

2.2 Específicos

1. Estudiar la velocidad de procesamiento de las modalidades visual-ortográfica y auditiva-fonológica, de niños con dislexia y sus respectivos controles por medio de la aplicación de tareas conductuales, que midan el procesamiento de bajo nivel, con estímulos lingüísticos y no lingüísticos, visuales y auditivos y que midan el procesamiento de alto nivel, ortográfico - fonológico, con registro electrofisiológico simultáneo (medición de latencia y amplitud de los potenciales evocados).
2. Determinar las diferencias existentes en la generación del componente P300 entre el grupo control y el grupo de niños con dislexia, seleccionados para la muestra, en cada una de las tareas propuestas.
3. Analizar los marcadores de intervalo de tiempo transmodales (*cross-modality gap scores*) para hallar las diferencias en la velocidad de procesamiento entre las modalidades.
4. Determinar la presencia de diferencias (asincronía) entre la velocidad de procesamiento de las modalidades visual-ortográfica y auditiva-fonológica.

3. Hipótesis

En los niños con dislexia, sí existe una diferencia entre la velocidad de procesamiento de las modalidades visual-ortográfica y auditiva-fonológica debido a una falla en la integración de estas, ocasionada por un exceso en la separación temporal entre la información visual que se procesa inicialmente y la información auditiva que se procesa de manera posterior, que en consecuencia, afecta el reconocimiento de palabra. Esto puede comprobarse por medio de la evidencia obtenida a través de los potenciales evocados de larga latencia.

De acuerdo con Gutiérrez et al., (2012, p.200)¹, los niños colombianos sanos, menores de 10 años, generan latencias en Cz, entre los 279,7 ms y los 364,9 ms; y amplitudes entre los 3.4 y los 17.2 μ V. En Pz, las latencias generadas están entre los 291,4 y los 360,2 ms y las amplitudes entre los 1.5 y los 20.2 μ V. Por lo tanto, se espera, que en todos los potenciales evocados registrados de los niños con dislexia, se hallen latencias más prolongadas y tal vez amplitudes menores, tomando como punto de referencia estos rangos en los que se encuentran los sujetos sanos.

Siguiendo a Breznitz (2002, p. 30) posiblemente, el componente P300 haría pico en los niños con dislexia, en la tarea auditiva con estímulos lingüísticos aproximadamente entre los 500 y 600 ms, y sus respectivos controles lo generarían probablemente antes, entre los 300 y 400 ms. Mientras que en la tarea auditiva con estímulos no lingüísticos, P300 tendría su pico entre los 300 y 400 ms en ambos grupos. En la tarea visual con estímulos lingüísticos, P300 aparecería en los sujetos con dislexia, entre los 350 y 450 ms, y en los controles, entre los 300 y 400 ms. Mientras que en la tarea visual con estímulos no lingüísticos, se presentaría su pico entre los 300 y 400 ms tanto para los niños del grupo control, como para los del grupo con dislexia. En el caso del potencial evocado por la tarea ortográfica-fonológica, los niños con dislexia posiblemente lo generarían entre los 350 y 450 ms respecto de los controles, que tal vez lo generarían entre los 300 y 400 ms (Breznitz, 2002, p. 30).

¹ Los valores obtenidos en el estudio de Gutiérrez et al., (2012), sirven como punto de referencia para la presente investigación, sin embargo, no son un parámetro formalmente establecido, debido a que los estímulos empleados para evocar el potencial P300 fueron de tipo no lingüístico ("Estímulo frecuente: 80%; tipo: audio; modo: tono; intensidad: 65 dB; frecuencia: 100 Hz. Estímulo infrecuente: 20%; tipo: audio; modo: tono; intensidad: 65 dB; frecuencia: 3000 Hz" [p.198]) y todas las tareas que se propone realizar en el estudio actual, son de tipo lingüístico. En cualquier caso, se pretende como una primera fase de la investigación, realizar una normalización del rango de P300 con los controles.

4. Justificación

Las correspondencias entre grafemas y fonemas son mucho más transparentes en español que en el inglés (Cuetos, 2011) y en cualquier otro idioma de escasa opacidad, por lo tanto, el aprendizaje de estas no supone una dificultad para los niños, como sí lo supone su adecuada automatización. En consecuencia, las principales fallas en el proceso de lectura, en un sistema ortográfico transparente, como lo es el español, no radican en la precisión, sino en la velocidad en el reconocimiento de palabra. (Wimmer, 1993; Tressoldi, Stella & Faggella, 2001; Wimmer & Goswami, 1994). Lo anterior indica que más allá de existir un déficit de tipo fonológico (Elbro, 1997; Liberman & Shankweiler, 1979, 1991; Snowling, 2000; Stanovich, 1988a, 1988b; Vellutino, 1979, Ramus, 2003), en los niños con dislexia, hablantes nativos de español, debe existir un déficit en la sincronía entre la velocidad de procesamiento de las modalidades visual-ortográfica y auditiva-fonológica (Breznitz, 2002) en el reconocimiento de palabra, capaz de explicar por qué, aún en un sistema ortográfico transparente, se presentan dificultades de lectura.

Arrojar luz sobre tal cuestionamiento es la necesidad que pretende cubrir la presente investigación, especialmente, considerando que, como resultado de la revisión bibliográfica (en las bases de datos LILACS, Inbiomed, Dialnet, Redalyc, Scielo), no se obtuvieron reportes de investigaciones latinoamericanas, ni específicamente colombianas, que hayan empleado potenciales evocados de larga latencia, para investigar el reconocimiento de palabra en los niños con dislexia, hablantes de la variedad estándar de español colombiano, y mucho menos que hayan indagado sobre la diferencia entre las velocidades de procesamiento de las modalidades visual-ortográfica y auditiva-fonológica, propuesta como el problema de este estudio. Los únicos estudios latinoamericanos encontrados, que examinan potenciales evocados en dislexia, sin tener relación con las diferencias entre la velocidad de procesamiento de las modalidades visual-ortográfica y auditiva-fonológica medidas a través de P300, ni con este componente en relación con otro problema, fueron los siguientes: 1) El de Ostrovsky y Ardila (1984) en el que se estudiaron potenciales corticales evocados en cinco niños con dislexia y en cinco niños normales mexicanos, durante la lectura silenciosa de la sílaba /LA/ en forma aislada y dentro de un contexto significativo. 2) El de Chayo-Dichy, Meneses, Ostrosky, Harmony, & Guevara (1990) sobre la variación contingente negativa (CNV), asociada con procesos de expectativa, atención, anticipación y preparación de una respuesta; y la resolución de dicha onda, que es la variación negativa postimperativa (PINV) en 9 niños con trastornos de lectura y 9 controles mexicanos. 3) El de Poblano et al., (1991) sobre potenciales evocados auditivos de tallo cerebral y de latencia media en nueve sujetos con dislexia pura y nueve controles mexicanos, en donde se estudió la integridad de la vía auditiva. 4) El de Collado et al. (1996) en el que los autores examinaron un

grupo de niños con dislexia, y un grupo control de mexicanos, con electroencefalografía en una prueba de discriminación auditiva y potenciales evocados visuales.

La única investigación con niños españoles hallada, sobre potenciales evocados de larga latencia (P300 y P400) en el estudio de la dislexia, fue la de Ortiz y Vila (1994) en la que se buscó analizar la topografía de estos dos componentes y las diferencias asimétricas en estos, que se producían durante la aplicación de un test de discriminación auditiva en un grupo de niños con dislexia y en otro de niños normales.

Considerando lo anterior, la presente investigación se encuentra llamada a llenar un vacío en el estado del conocimiento sobre los potenciales evocados, en relación con la forma de procesar los estímulos visuales-ortográficos y auditivos-fonológicos, en los niños con dislexia y su aporte, por lo tanto, no debe ser desestimado.

5. Marco Teórico

5.1 Definición de dislexia del desarrollo

La “**dislexia del desarrollo**”, que no resulta de ninguna lesión o traumatismo cerebral, ha sido considerada como un trastorno del aprendizaje (de allí su etiqueta “del desarrollo”), bajo el nombre de “Trastorno Específico de la Lectura” (F.081, CIE-10, Clasificación Internacional de Enfermedades) (O.M.S., Organización Mundial de la Salud, 2003) y bajo el nombre de “Trastorno de la lectura” o simplemente “dislexia” (315.0, APA, 2002) y fue definida por Lyon, Shaywitz y Shaywitz (2003) de la siguiente manera:

(...) es una dificultad específica de aprendizaje, de origen neurobiológico, que se caracteriza por dificultades en el reconocimiento preciso y fluido de las palabras y por una capacidad pobre de deletreo y decodificación. Estas dificultades típicamente resultan de un déficit en el componente fonológico del lenguaje, lo cual es inesperado en relación con otras capacidades cognitivas y el suministro de instrucción efectiva en el salón de clase. Las consecuencias secundarias de la dislexia pueden incluir problemas en la comprensión de lectura y una experiencia reducida en la lectura que puede impedir el crecimiento del vocabulario y el conocimiento previo. (p.2)

La American Psychiatric Association, en la cuarta versión del Manual Diagnóstico y Estadístico de los Trastornos Mentales (DSM IV, 2003) caracteriza con distorsiones, sustituciones u omisiones, lentitud y errores en la comprensión, la lectura oral y silenciosa de quienes presentan este trastorno y establece los siguientes criterios para su diagnóstico que se aplicarán a los participantes de la muestra de la presente investigación (p.50):

- A. Un rendimiento en la lectura medido por test de lectura y comprensión de lectura, estandarizado aplicado en forma individual; se encuentra por debajo de lo esperado para personas de igual edad cronológica, inteligencia y oportunidad apropiada para la educación.
- B. Las dificultades del criterio A, interfieren de manera significativa con el rendimiento académico o actividades de la vida diaria que requieren de esta actividad.
- C. Si existe déficit sensorial, las dificultades en lectura exceden a las asociadas a este déficit.

Como se puede ver, de acuerdo con el DSM-IV (2002), el proceso de diagnóstico se encuentra enfocado en los criterios de discrepancia entre el coeficiente intelectual y el rendimiento en la lectura y entre el rendimiento real y el esperado en función de la edad cronológica.

Es importante aclarar que el término “dislexia del desarrollo” se acuña en oposición al de “**dislexia adquirida**”, que se refiere al trastorno de lectura que ocurre en los individuos que previamente eran capaces de leer de forma fluente, pero que debido a algún tipo de daño cerebral, resultante de una lesión, derrame o neuropatología degenerativa como el Alzheimer, no pueden volver a leer de forma eficiente (Rayner, Foorman, Perfetti, Pesetsky, & Seidenberg, 2001). La literatura científica para remarcar esta distinción, generalmente, ha preferido llamar a esta segunda de esta manera, o le ha dado el nombre de “alexia”.

5.2 Epidemiología de la dislexia

De acuerdo con la cuarta versión del *Manual Diagnóstico y Estadístico de los Trastornos Mentales* (DSM IV TR) (2003): “*El trastorno de la lectura, solo o en combinación con un trastorno del cálculo o un trastorno de la expresión escrita, se observa en aproximadamente 4 de cada 5 casos de trastorno del aprendizaje*”

Shaywitz (1998) sostiene que la dislexia tiene tasas de prevalencia desde el 5% hasta el 17.5%. Otros estudios han estimado que ocurre entre el 10 y el 15% de la población de niños escolares (Lyon, Fletcher, & Barnes, 2002; Shaywitz, Escobar, Shaywitz, Fletcher & Makuch, 1992; Benton & Pearl, 1978)

De acuerdo con S. Shaywitz, Morris, y B. Shaywitz, (2008) la dislexia es el más común y el más estudiado de los trastornos de aprendizaje, el cual afecta al 80% de los individuos que se identifican con este.

Este trastorno, puede decirse que encaja en un modelo dimensional en el que la capacidad y la discapacidad de lectura transcurren a lo largo de un continuo, con la discapacidad de lectura en la cola más baja de una distribución normal de la capacidad de lectura. (S. E. Shaywitz, Escobar, Shaywitz, Fletcher & Makuch, 1992, Gilger, Borecki, Smith, DeFries & Pennington, 1996; Shaywitz & Shaywitz 2008). Los lectores tienden a mantener sus posiciones en este continuo, de acuerdo con sus habilidades, cumpliendo así con el “efecto San Mateo”, referenciado por Stanovich, (1986) según el cual, con el paso del tiempo, los buenos lectores se hacen cada vez mejores, mientras que los malos lectores se hacen cada vez peores, de manera análoga a la parábola bíblica según la cual lo ricos se hacen cada vez más ricos y los pobres, cada vez más pobres.

5.3 Subtipos de la dislexia del desarrollo

Existen diferentes subtipos de la dislexia del desarrollo, según diferentes autores. Para Marshall y Newcombe (1973) existían tres subtipos disléxicos y se denominaban de acuerdo con la clase de error que cometía el sujeto lector: dislexia visual, cuando el error era de tipo visual, dislexia superficial o de superficie, cuando existían errores de tipo fonológico y dislexia profunda, cuando el error de lectura era de tipo semántico (Montañés, 2011).

Coltheart (1987) consideraba que los subtipos disléxicos evolutivos, podían ser los mismos de la dislexia adquirida, esto es, el subtipo fonológico y el superficial. El subtipo de la dislexia fonológica se caracteriza por la dificultad tanto en el uso del procedimiento de conversión de grafema a fonema, como en la lectura de no palabras o de palabras desconocidas. El subtipo de la dislexia superficial, por el otro lado, está caracterizado por un acceso defectuoso al lexicón ortográfico y un sobreuso compensatorio de la ruta fonológica. Consecuentemente, los niños con dislexia de

superficie tienen dificultades en la lectura de palabras irregulares (en idiomas como el inglés) y tienden a confundir las palabras homófonas (Marinelli, Angelelli, Notarnicola & Luzatti, 2009).

Lovett (1984) por su parte, consideraba la existencia de dos subtipos disléxicos sobre la distinción entre identificación precisa de las palabras y la fluidez en la identificación de las mismas, en la lectura de texto conectado, identificando así, el subtipo de discapacidad en la precisión (de identificación de palabra) y el de discapacidad en la tasa (de identificación de palabra en texto conectado) (Vellutino & Fletcher, 2005)

Wolf, Bowers, y colegas, (Bowers, Golden, Kennedy, & Young, 1994; Bowers & Wolf, 1993; Wolf, Bowers, & Biddle, 2000; Wolf, Pfeil, Lotz, & Biddle, 1994) sugirieron la existencia de tres subtipos disléxicos definidos por: 1) Las deficiencias en la conciencia fonológica que interrumpían el reconocimiento de palabra; 2) una velocidad lenta de denominación que interrumpía el procesamiento ortográfico; y 3) “déficits dobles” tanto en la conciencia fonológica como en la denominación rápida.

Sugirieron así mismo que los déficits en la velocidad de la denominación eran causados por una interrupción en un mecanismo de sincronización precisa, que influenciaba la velocidad del procesamiento y por lo tanto, la integración temporal de las letras en palabras. De modo que, si las letras de una palabra no podían ser identificadas con suficiente facilidad y rapidez, no podrían ser procesadas lo suficientemente rápido para determinar sus patrones ortográficos, y a su vez, esto impediría la capacidad del niño para almacenar representaciones distintas y unificadas del deletreo específico de las palabras.

Otros subtipos disléxicos son los resultantes de la clasificación de diferencias de núcleo variable fonológico propuesta por Stanovich (1988) que sugiere que el procesamiento fonológico está en el núcleo de todas las discapacidades de reconocimiento de palabra. Sin embargo, considera que podrían existir algunas dificultades fuera del núcleo fonológico que no contribuirían directamente a las dificultades en el reconocimiento de palabra, como por ejemplo, deficiencias en el vocabulario, o problemas perceptuales visuales, o de motricidad fina.

Morris et al.(1998), trataron de apoyar el modelo propuesto por Stanovich (1988a), realizando un estudio basado en diferentes teorías para seleccionar variables potenciales para la clasificación de subtipos, como la de habilidades fonológicas, denominación rápida, memoria a corto plazo, vocabulario y habilidades perceptuales visuales. De dicho estudio surgieron 9 subtipos, dentro de los cuales se incluyen cinco subtipos con discapacidad específica de lectura, dos subtipos con discapacidad generalizada en lectura y lenguaje, y dos que representan grupos de niños con una adquisición normal de la lectura. Seis de los siete subtipos con discapacidad en lectura comparten el déficit en habilidades de conciencia fonológica. El subtipo específico más amplio tiene discapacidad en la conciencia fonológica, la denominación rápida y la memoria verbal a corto plazo. Los otros subtipos con discapacidad en la lectura variaron en denominación rápida y capacidad de la memoria verbal a corto plazo. Los dos subtipos con discapacidades generales en el lenguaje presentaban déficits en las áreas anteriormente mencionadas y en el conocimiento de vocabulario. (Vellutino & Fletcher, 2005)

Peterson, Pennington, y Olson (2013) reseñan en su investigación, otros subtipos disléxicos, generados a partir del modelo conexionista de Harm y Seidenberg, (1999) o modelo HS, según el cual, la dislexia superficial establecida por el modelo de ruta dual en cascada, correspondería a

una dislexia de retraso en la lectura (dislexia superficial relativa), explicada a partir de menos entrenamiento en la red conexionista, una reducción en la tasa de aprendizaje, una degradación del input ortográfico, y la remoción de unidades lingüísticas ocultas. El subtipo fonológico establecido por el modelo de ruta dual en cascada, se explicaría de acuerdo con la mencionada red, por un daño a la red fonológica, que generaría dislexia fonológica pura, en caso de que fuera moderado, y dislexia fonológica relativa (dificultades en la lectura de no palabras y palabras irregulares) en caso de que el daño fuera sustancial. La dislexia fonológica pura, de acuerdo con su explicación, resultaría ser menos severa que la dislexia fonológica relativa.

5.4 Hipótesis de las dislexias evolutivas

Diferentes hipótesis se han establecido a lo largo de los años acerca de la causa principal de la dislexia del desarrollo. A continuación se presentará de forma breve en qué consisten las más conocidas y debatidas, que contienen, o bien un sustrato cognitivo, (específicamente en el procesamiento perceptual), o bien un sustrato lingüístico, o bien, uno neurológico.

5.4.1 Hipótesis con sustrato cognitivo

La primera hipótesis de la dislexia del desarrollo habla de un déficit en el procesamiento visual, originado por una ceguera verbal congénita. Esta hipótesis está basada en el descubrimiento que hicieron los oftalmólogos, a finales del siglo XIX, de la dificultad para aprender a leer en niños normalmente inteligentes. Esta información la compararon con la de la ceguera verbal descrita por Adolf Kussmaul en adultos con el cerebro lesionado (Preilowski & Matute, 2011) y propusieron el déficit en el procesamiento visual como causa de la dislexia.

Dentro de las hipótesis del déficit en el procesamiento visual, también cabe señalar la teoría de la reversibilidad óptica de Orton (1925), según la cual los disléxicos percibían letras y palabras como formas invertidas y la teoría de la confusión espacial de Hermann (1959) según la cual, los disléxicos presentaban una desorientación espacial inherente y por tal razón no podían procesar adecuadamente los estímulos visuales procedentes de la lectura. Sin embargo, los datos de la década de los 70 y 80 fueron capaces de descartar dicho déficit como causa de la dislexia.

La cuarta hipótesis de la dislexia evolutiva con sustrato cognitivo es la de los déficits oculares de bajo nivel, la cual sostiene que *“la dislexia se debe a problemas en el rastreo ocular, asociados con deficiencias oculomotoras, además de efectos de enmascaramiento visual asociados con un déficit hipotético en el sistema transitorio visual”* (Getman, 1985, citado en Vellutino, 2005). Esta hipótesis ha sido desacreditada por estudios de movimientos oculares en los que no se encontraron diferencias entre lectores normales y malos en el rastreo ocular de estímulos no verbales.

Los déficits del sistema transitorio y de la percepción del movimiento en lectores discapacitados han sido a su vez, relacionados con anomalías funcionales en el subsistema visual magnocelular, y constituyen la siguiente hipótesis, según la cual, existe una disfunción en las células de la vía magnocelular retinocortical (específicamente en el núcleo lateral geniculado [Jones, Branigan & Kelly, et al., 2008]) que procesan los estímulos visuales que implican movimiento y cambios rápidos en el campo visual (Vellutino & Fletcher, 2005), *“pues se cree que los disléxicos sufren de un déficit en la función inhibitoria del sistema transitorio, lo cual produce un rastro visual de*

duración anormal que crea efectos de enmascaramiento y consecuentemente problemas de agudeza visual, cuando los niños están leyendo texto conectado "(Vellutino & Fletcher, 2005, p. 366) Este déficit impediría entonces, discriminar adecuadamente los estímulos de baja frecuencia espacial y de bajo contraste, y causaría fijaciones inestables y dificultad en la discriminación y procesamiento de la información ortográfica (Jones et al., 2008) Podría afectar también el procesamiento parafoveal de estímulos nuevos (Stein & Talcott, 1999; Stein & Walsch, 1997) y el procesamiento múltiple de ítems visuales (Omtzigt, Hendriks & Holk, 2002, en Jones et al., 2008)

Esta hipótesis es apoyada por observaciones de percepción de movimiento anormal en individuos con dislexia (Edden & Zeffiro, 1998) y por estudios anatómicos y electrofisiológicos que demuestran anomalías estructurales y funcionales en las vías magnocelulares de un pequeño número de individuos disléxicos (Lehmkuhle, Garzia, Turner, Hash & Baro, 1993; Linvingstone, Rosen, Drislane & Galaburda, 1991). Vellutino & Fletcher (2005) sostienen al respecto, que no se ha encontrado aún una relación causal entre la disfunción del sistema transitorio y las dificultades tempranas de lectura, ni que los lectores disléxicos experimenten problemas de agudeza visual y problemas de enmascaramiento visual bajo condiciones de lectura normales, y retoma la posición de Hulme (1988) que afirma que la teoría de la persistencia del rastro en la discapacidad de lectura predice que los disléxicos estarán impedidos sólo cuando estén leyendo texto conectado y no cuando encuentren una palabra a la vez, bajo condiciones de visión foveal.

Vellutino, Fletcher, Snowling y Scanlon (2004) afirman que Skottun y Parke (1999) presentaron evidencia de muchos estudios de supresión sacádica que sugerían que el sistema magnocelular era el que estaba suprimido durante los movimientos sacádicos de los ojos, y no el sistema parvocelular, contrario a lo que decía la hipótesis².

Por las razones mencionadas, Vellutino y Fletcher (2005) dudan de que las anormalidades en estos procesos asociados a la disfunción magnocelular estén relacionados causalmente con dificultades en el aprendizaje de la lectura, y propone que más bien, dichas anormalidades pueden ser marcadores biológicos que indiquen déficits en otros sistemas en los que también tienen discapacidad las personas con dislexia.

Algunos autores han considerado que la alteración de la vía magnocelular, no es sólo de la vía visual, sino en general de todas las modalidades sensoriales. Entonces, cualquier estímulo que cambie rápidamente o que sea presentado brevemente, a un niño disléxico, en cualquier modalidad, será de difícil procesamiento. Según esta hipótesis, los niños con dislexia presentarían un déficit de integración temporal, que abarca todas las modalidades sensoriales. Sin embargo, la hipótesis se mantiene desacreditada, por las razones anteriormente expresadas.

La sexta hipótesis de la dislexia evolutiva, con sustrato cognitivo, habla de un déficit auditivo temporal como causa principal y se basa en el hallazgo de Tallal (1980) en su investigación, según el cual, los lectores poco hábiles (elegidos de una muestra de niños con trastornos del lenguaje oral significativos), se desempeñaron por debajo de los lectores normales al hacer juicios de ordenamiento temporal (TOJ) en los cuales se les pedía que detectaran pares de tonos altos y

² La hipótesis magnocelular sostenía que el sistema parvocelular era el que se encontraba suprimido durante los movimientos sacádicos, debido a su sensibilidad a los colores y a los detalles espaciales finos, que le permitían operar durante las fijaciones de los ojos; mientras que el magnocelular, siendo sensible al movimiento y a los cambios rápidos en el campo visual operaba durante los movimientos sacádicos, y era el responsable de inhibir el rastro visual que quedaba luego de la presentación de un estímulo.

bajos, presentados, tanto con intervalos interestímulo (ISIs) cortos (50 ms), como con intervalos interestímulo (ISIs) largos (400 ms).

De este estudio, resultó que los lectores poco hábiles se desempeñaron tan bien como los lectores normales en la tarea TOJ, en los intervalos inter estímulo largos, pero presentaban una discapacidad cuando los intervalos eran cortos. Debido a que existía una alta correlación entre el desempeño en la tarea TOJ y una tarea de decodificación de palabras sin sentido, "*Tallal infirió que los niños con dislexia sufrían de un déficit básico, de tipo no lingüístico en la resolución temporal de estímulos auditivos que cambiaban rápidamente, que en consecuencia, dificultaba la percepción del habla*" (Vellutino, 2005, p. 15) y por lo tanto, la adquisición de habilidades tales como la conciencia fonológica y la decodificación fonológica. Sin embargo, esta inferencia fue especulativa porque Tallal no usó los estímulos del habla para evaluar el juicio de ordenamiento temporal en los intervalos interestímulo.

Mody, Studdert-Kennedy y Brady, (1997), retomaron la hipótesis de Tallal, pero realizaron una serie de experimentos en los que variaron la capacidad de discriminación de los estímulos del habla. En ellos encontraron que los lectores poco hábiles tenían más dificultad que los lectores normales al hacer juicios de ordenamiento temporal en intervalos interestímulo (ISIs) cortos, sólo cuando los estímulos eran sílabas CV acústicamente similares como /ba-/da/ pero no, cuando las sílabas eran diferentes acústicamente como en /ba-/sa/. En un segundo experimento, en el que se les dieron a los dos grupos tareas TOJ que usaban estímulos que no eran del habla, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los disléxicos y los lectores normales. Esta hipótesis comenzó a ser descartada considerando que no existía un apoyo fuerte e inequívoco, para afirmar que el causante de los problemas de lectura en la dislexia era un déficit en el procesamiento temporal auditivo.

La séptima hipótesis de la dislexia con sustrato cognitivo, trata de que los niños con este trastorno presentan un cambio atencional lento (*Sluggish Attentional Shifting, SAS*) (Hari, Valta, Uutela, 1999; Hari & Renvall, 2001), es decir, que presentan un tiempo anormal de permanencia en un sólo estímulo, y por lo tanto tienen una percepción atípica de secuencias de estímulos rápidos. (Lallier et al., 2010).

Una hipótesis más reciente, propuesta por Breznitz (2002, 2003a, 2003b, 2003c), sostiene que los sujetos con dislexia presentan problemas en el reconocimiento de palabra y en general, en la formación y manipulación de representaciones ortográficas y fonológicas, debido a una asincronía entre la velocidad de procesamiento de las modalidades visual-ortográfica y auditiva-fonológica, que genera una falla en la integración del sistema ortográfico y fonológico y resultaría ser una causa de la dislexia, subyacente al procesamiento de información, tanto de bajo, como de alto nivel.

La figura 1 resume las hipótesis con sustrato cognitivo, o de procesamiento perceptual, anteriormente presentadas.

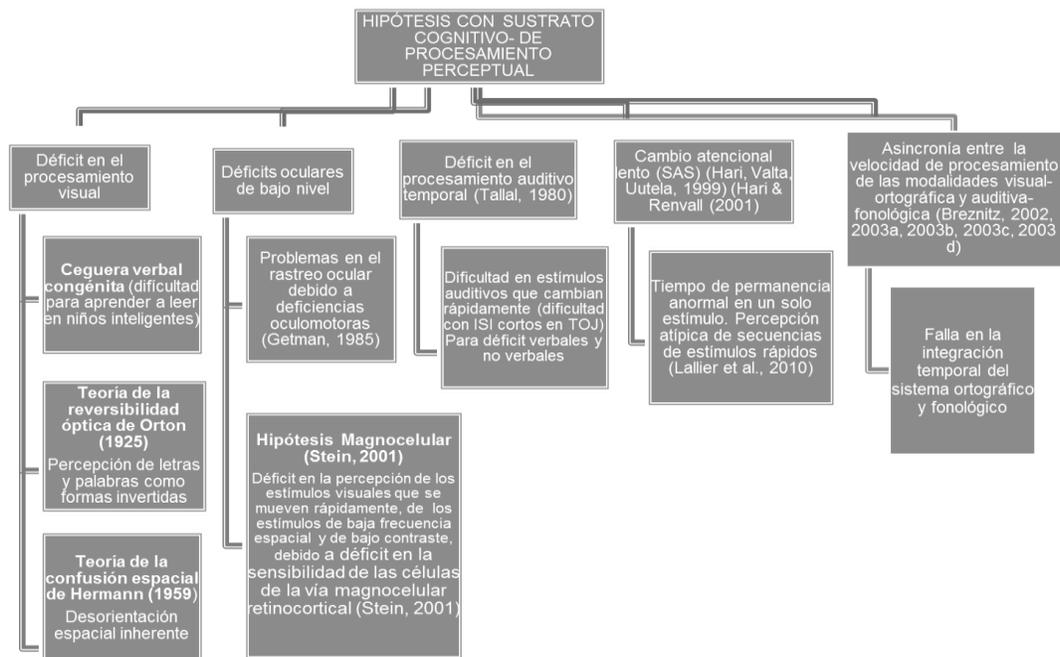


Figura 1. Hipótesis del origen de la dislexia con sustrato cognitivo. Elaboración propia.

5.4.2 Hipótesis con sustrato lingüístico

La hipótesis del déficit fonológico es la explicación más avalada por diferentes investigadores. Según esta, es un trastorno fonológico el que causa la dislexia; una deficiencia en el aprendizaje y automatización de las reglas de conversión de grafema a fonema. Al fallar dicho sistema de conversión, no hay buenas representaciones fonológicas de las palabras y se hace difícil adquirir habilidades fonológicas, como la conciencia fonológica, la correspondencia alfabética, la decodificación fonológica (letra-sonido), la conciencia ortográfica (Elbro, 1997; Liberman & Shankweiler, 1979, 1991; Snowling, 2000, Stanovich, 1988a, 1988b, Vellutino, 1979), consecuentemente se produce una lectura lenta, en especial, de las palabras largas.

De acuerdo con Vellutino et al. (2004):

La conciencia fonológica se refiere al entendimiento conceptual y conciencia explícita de que las palabras habladas consisten de sonidos del habla individuales (fonemas) y las combinaciones de los sonidos del habla (sílabas, ataques, unidades de rima). Tal conocimiento se cree que es importante para aprender que las letras tienen valores de sonidos y para aprender la correspondencia entre símbolos y sonidos. (p.4)

Dicha conciencia fonológica se encuentra dividida en tres niveles diferentes, estos son: a) *nivel silábico*, que hace referencia al conocimiento de que las palabras pueden dividirse en sílabas, para lo cual el niño debe reconocer que cada sílaba contiene una vocal, que hay un patrón de acentuación que permite dividir de esa manera la palabra y que la división silábica no puede unir o separar letras; b) *nivel intrasilábico*, que hace referencia al conocimiento de que las sílabas pueden dividirse en su sonido inicial o final en palabras monosílabas; y c) *nivel fonémico*, que se refiere al conocimiento de que las palabras pueden dividirse en unidades mínimas de sonido, o fonemas. (Gillón, 2004)

Además de la conciencia fonológica, existe, la conciencia ortográfica que se refiere a *“la sensibilidad del niño a las limitaciones de como las letras en las palabras escritas están organizadas”*. (Vellutino, 2004, p. 5). Estos dos tipos de conciencia *“trabajan en concierto para ayudar al niño a adquirir y hacer uso funcional del conocimiento ortográfico general, en la forma de sensibilidad a las regularidades y redundancias características de un sistema de escritura alfabético”*. (Vellutino et al., 2004, p.5). Por lo tanto una *“codificación fonológica débil puede afectar el almacenamiento y la recuperación de palabras en el lenguaje hablado y consecuentemente esto puede dificultar la capacidad de establecer vínculos fuertes entre las contrapartes visual y verbal de las palabras impresas”* (Vellutino, 2005, p. 367).

Esta hipótesis actualmente tiene bastante peso, dado que el déficit fonológico es un problema común a todos los disléxicos, que se ve principalmente reflejado en el lenguaje oral, en la formación de rimas, deletreo, repetición de palabras, especialmente si son largas y desconocidas por el niño. Es de carácter universal, sin importar cuál sea la lengua materna. *“No obstante, las consecuencias de esos problemas son diferentes en función del sistema ortográfico, ya que cuanto más complejas son las reglas de conversión grafema-fonema de un idioma, más dificultades tendrán los niños hablantes de ese idioma”* (Cuetos, 2011, p. 108)

Otros autores, como Liberman y Shankweiler (1979) también apoyan esta hipótesis, pues con sus estudios demostraron que las dificultades de los disléxicos tenían un origen lingüístico, más no perceptivo y entablaron una relación entre la conciencia fonológica y el aprendizaje de la lectura. Naidoo en 1972 demostró también que los disléxicos presentaban problemas de memoria y Denckla y Rudel, comprobaron en 1976, que los disléxicos eran más lentos en el nombrado de objetos familiares. Al respecto Ortiz (2004), sostiene que *“las deficiencias en conciencia fonológica, memoria verbal y velocidad de nombrado se consideran manifestaciones de problemas en el procesamiento de la información fonológica”*, es decir se interpreta que todas ellas tienen en común, un origen lingüístico.

Además del déficit fonológico como hipótesis con sustrato lingüístico, Vellutino (2005) reconoce la posibilidad de un déficit semántico y sintáctico como causa de la dislexia. Expone que un conocimiento deficiente de vocabulario (déficit semántico) puede causar problemas de lectura para algunos niños. *“Tanto así que el conocimiento de vocabulario adquirido antes de primer grado, se ha encontrado que puede ser un buen predictor de habilidades de lectura de nivel de*

palabra posteriores, así como de comprensión de lectura” (Vellutino, 2005, p. 368). (Catts, Fey, Zhang, & Tomblin, 1999; Dickinson & Tabors, 2001; Scarborough, 1990; Snow, Barnes, Chandler, Goodman, & Hemphill, 1991; Snowling, Gallagher, & Frith, 2003; Schatschneider, Fletcher, Francis, Carlson, & Foorman, 2004; Storch & Whitehurst, 2002) Así mismo, un déficit sintáctico, puede ser capaz de *“impedir que el niño use el contexto lingüístico para facilitar la identificación de las palabras y la lectura comprensiva y de esta manera, contribuir a las dificultades para aprender a leer”* (Vellutino & Fletcher, 2005, p. 368). Sin embargo estos déficits no podrían ser considerados como causas primarias de las dificultades, especialmente porque el conocimiento sintáctico no se distingue entre los disléxicos y los niños normales que están aprendiendo a leer.

La segunda hipótesis con sustrato lingüístico, es la del déficit doble (Wolf, Bowers & Biddle, 2000) según la cual, el déficit y los problemas de denominación automatizada rápida (RAN: *Rapid Automated Naming*) pueden coocurrir, u ocurrir separadamente, causando déficits de lectura. Las velocidades de denominación rápida reflejan un déficit en la velocidad de procesamiento en el reconocimiento visual y su unión respectiva a representaciones ortográficas y fonológicas, lo cual lleva a un déficit en la automatización de la denominación. (Jones et al., 2008)

La figura 2 resume las hipótesis con sustrato lingüístico:

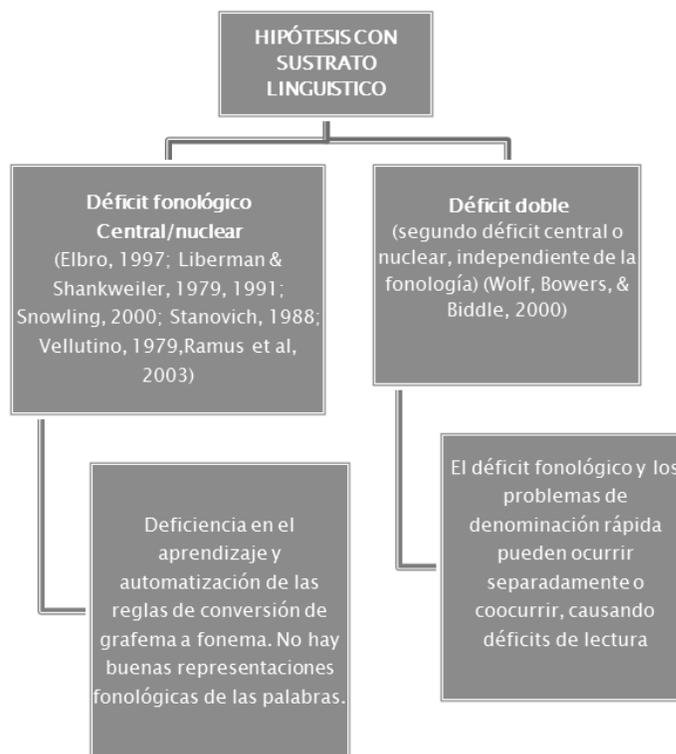


Figura 2. Hipótesis del origen de la dislexia con sustrato lingüístico. Elaboración propia.

5.4.3 Hipótesis con sustrato neurológico

Geschwind (1984), hizo los primeros estudios respecto a las alteraciones neurológicas en los niños con dislexia, empleando análisis *post mortem*. En estos comprobó que, mientras los niños sanos tenían el plano temporal izquierdo más desarrollado que el derecho (asimetría cerebral), en los niños con dislexia, ambos planos eran similares, no se observaba en ellos asimetría cerebral.

Posteriormente Galaburda, Sherman, Rosen, Aboitiz y Geschwind (1985) encontraron que durante el desarrollo embrionario, había una incorrecta migración de las neuronas, pues se suponía que estas debían migrar a las capas superiores de la corteza, pero migraban a otras zonas en las que constituían ectopias y no les era posible cumplir con su función. En un estudio posterior, Galaburda, Rosen y Sherman (1990) encontraron diferencias entre las células magnocelulares del tálamo en niños con dislexia y controles. 4 años después en otro estudio, Galaburda, Menard, y Rosen (1994) hallaron que mayoría de las ectopias descritas en los cerebros de pacientes con dislexia del desarrollo fueron encontradas en la región perisilviana izquierda.

Más adelante, se creyó que una anomalía en el espesor de la sustancia blanca podía ser la causa de la dislexia, de acuerdo con los estudios realizados por Klinberg et al., (2000), quienes encontraron que la sustancia blanca que se encuentra debajo de la corteza cerebral correspondiente a la lectura, era más delgada en los disléxicos que en los niños normales, lo que podría implicar conexiones más débiles entre las diferentes áreas que intervienen en la lectura.

Posteriormente, en 1998, Robichon y Habib, encontraron que el cuerpo caloso de los niños con dislexia era más redondeado y de mayor tamaño que el de los controles. Este mismo hallazgo lo cita Hynd et al., (1995) en su estudio.

Por su parte, Pennington et al. (1999) no encontraron diferencias en regiones subcorticales entre niños con dificultades de aprendizaje en la lectura y niños normales, pero sí entre ambos grupos en la corteza superior frontal e insular.

La última hipótesis con sustrato neurológico es la del déficit cerebeloso, (Nicolson & Fawcett, 1990; Nicolson, Fawcett & Dean, 2001) según la cual, un déficit en el control motor produce fallas en la articulación del habla y consecuentemente, lleva a tener unas representaciones fonológicas deficientes, así como problemas de lectura y escritura. Este déficit también afectaría la automatización de las tareas sobreaprendidas, como, por ejemplo, el apareamiento entre grafemas y fonemas.

Otros estudios se enfocaron en la activación de ciertas áreas del cerebro, para plantear una posible causa de la dislexia, ejemplos de estos, fueron los realizados por Paulesu et al., (1996) y Hoeft et al., (2006) quienes encontraron una menor activación cerebral de las áreas correspondientes al lenguaje, especialmente en la zona parieto-temporal izquierda, correspondiente al procesamiento fonológico; los realizados por Brunswick, McCrory, Price, C.D. Frith, & U. Frith (1999), quienes encontraron una menor activación cerebral en el área 37 correspondiente al procesamiento de la forma visual de las palabras y una mayor activación en el hemisferio derecho, durante el procesamiento del lenguaje; y los realizados por Shaywitz, Skudlarski, Holahan, Marchione, Constable y Fulbright (2007), quienes encontraron que en los niños con dislexia evolutiva, conforme se aumenta la edad, se incrementa la activación frontal izquierda y derecha ante una tarea de rima, es decir, que se activan estas zonas frontales en compensación del déficit de los sistemas posteriores.

La figura 3 recopila las hipótesis con sustrato neurológico anteriormente mencionadas.

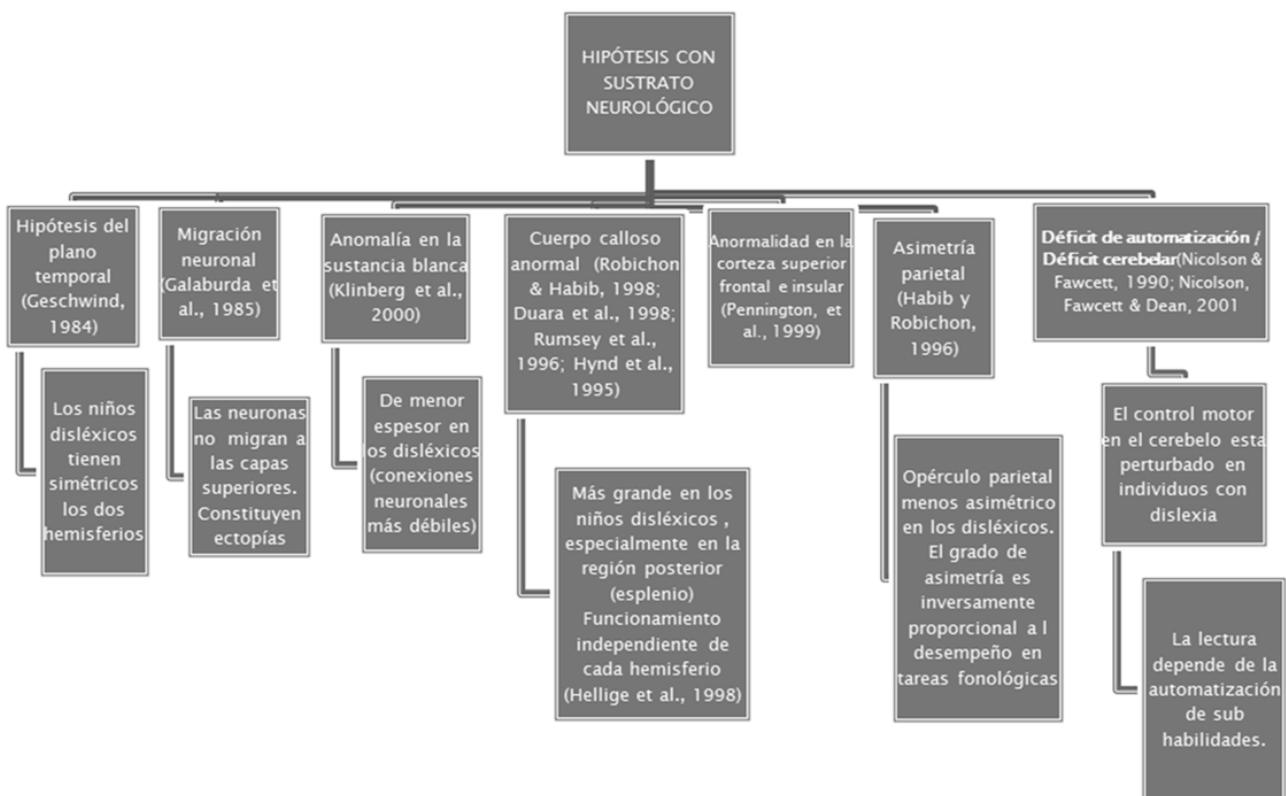


Figura 3. Hipótesis del origen de la dislexia con sustrato neurológico. Elaboración propia.

5.4.4 Hipótesis con sustrato genético

Principalmente se han desarrollado dos tipos de estudios sobre la dislexia, con base genética. Estos son los análisis de segregación y los análisis de ligamiento.

- **Análisis de segregación**
- **Estudios familiares**

Luego de que la dislexia del desarrollo fue descrita por primera vez por Pringle-Morgan (1896) y Kerr (1897), empezaron a aparecer varios reportes de segregación familiar (Fisher, 1905; Thomas, 1905; Stephenson, 1907, Hinshelwood, 1907, 1911). El acercamiento más documentado a un estudio de segregación de caracteres genéticos, fue el de James Hinshelwood, oftalmólogo francés, que en 1907, describió el caso de cuatro, de once hermanos, que presentaban “ceguera a las palabras”. El Dr. Hinshelwood hipotetizó que dicha condición era de tipo familiar. La ceguera a las palabras del Dr. Hinshelwood, es lo que actualmente conocemos con el nombre de dislexia y reconoció por primera vez, una etiología genética en ella.

Sin embargo, el primer gran estudio familiar de dislexia lo condujo Hallgren (1950), quien documentó dislexia en padres y niños de cada familia a la que estudió (“análisis de segregación”). De esta manera observó que cuando había un padre disléxico, aproximadamente la mitad de sus hijos también resultaban siéndolo. Esta observación sugirió un patrón autosómico dominante de herencia, según el cual, la dislexia estaría causada por el efecto de un gen único, dominante en los cromosomas no sexuales.

Posteriormente, Lewitter, DeFries y Elston (1980) realizaron el primer análisis de segregación familiar que estuvo basado en tests de lectura en miembros con síntomas, sus padres y sus hermanos. Como resultado del estudio hallaron un patrón multifactorial, según el cual, los posibles causantes de la dislexia eran múltiples genes en conjunción con algunos factores ambientales. Este planteamiento se oponía entonces al modelo del gen único.

Scarborough hizo un estudio longitudinal desde 1990 con hijos de personas disléxicas, siguiéndolos desde los 2.5 años hasta los 8 años. Encontró que 65% fueron diagnosticados con dislexia al final del estudio. Pero la presencia de dislexia en varios miembros de la misma familia, no era suficiente para respaldar la explicación genética del trastorno, puesto que las familias comparten el mismo entorno, además de la misma carga genética, de modo que no se sabría a ciencia cierta si la dislexia fue causada por factores ambientales o genéticos.

Estudios subsecuentes se encargaron de desarrollar métodos de análisis de segregación capaces de hacer una cuantificación de la heredabilidad.

- **Estudios en gemelos**

Los estudios de gemelos permiten estudiar sujetos que comparten un porcentaje importante de genes y se desenvuelven en un mismo entorno. De esta manera se puede abordar el cuestionamiento sobre las influencias genéticas y ambientales en la heredabilidad de la dislexia. En estos estudios se distinguen dos enfoques principalmente: 1) los de concordancia (la tasa según la cual los hermanos comparten el mismo diagnóstico) y 2) los que evalúan dificultades de aprendizaje en ambos hermanos.

El objetivo de los estudios de concordancia en gemelos es comprobar la importancia de las influencias genéticas. De modo que, se esperan tasas de concordancia más altas para los gemelos monocigóticos (MZ) o idénticos, puesto que comparten todos sus genes, que para gemelos dicigóticos (DZ) que sólo comparten en promedio, el 50%. Esta hipótesis ha sido corroborada por Hermann (1959), quien halló que el 100 % de los MZ coincidían en problemas de lectura, frente al 33% de coincidencia en los DZ; por Zerbín- Rudin (1967) que encontró estadísticas de 100 % en MZ respecto a 35% en DZ; y por DeFries y Alarcón (1996) quienes hallaron concordancia del 68% en MZ y del 38% en DZ en una muestra de gemelos de Colorado.

Los estudios estadísticos han ayudado a confirmar la heredabilidad de la dislexia. En ellos se ha hallado que *“cerca del 50-60% de la variación en la adquisición de la lectura y las capacidades relacionadas con esta pueden ser explicados por medio de factores genéticos”* (Vellutino et al., 2004, p. 21) es decir, que la influencia de estos factores resulta ser más alta que la de los ambientales, a pesar de que estos últimos explican la variación en las habilidades de lectura.

Estos estudios, sin embargo, han presentado limitaciones metodológicas debido a que carecían de *“criterios diagnósticos basados en test, de forma rigurosa, y tenían sesgos potenciales en la selección de los participantes”* (Pennington & Olson, 2005).

Había que buscar entonces, otra alternativa para comprobar de manera más inequívoca la responsabilidad de los factores genéticos en la heredabilidad de este trastorno de aprendizaje y esta forma era a través de los análisis de ligamiento.

▪ **Análisis de ligamiento**

Luego del gran auge de los estudios de segregación, los científicos se dieron a la tarea de empezar a buscar los *“genes de la dislexia”* y sus ubicaciones en los cromosomas humanos (loci DYX), especialmente a través de marcadores genéticos, con el fin de correlacionarlos (ligarlos) con fenotipos que evidenciaran el desempeño de los sujetos en tareas que examinaran habilidades relacionadas con los procesos de lectura, especialmente, la conciencia fonológica.

Se identificaron nueve loci de riesgo, o de susceptibilidad a la dislexia, en los cromosomas 2p, 3p-q, 6p, 15 q, 18 p, 1p, 21q y Xq (Fisher & De Fries, 2002), enumerados desde DYX1 a DYX9, por el comité de nomenclatura de genes HUGO, según su orden de descubrimiento. De acuerdo con Shaywitz et al (2009, p.) *“el más frecuente es el DYX2 ubicado en el brazo corto o “p” del cromosoma 6 en la banda 22 (6p22)”*.

Taipale, et al., (2003) identificaron el primer gen, en padre e hijo con dislexia, en el locus DYX1, (luego fue llamado DYX1C1), gracias a un punto de quiebre de translocación en el cromosoma 15, que irrumpió en la secuencia de codificación de DYX1C1.

Nopola-Hemmi et al., realizaron en el (2002) un estudio de 24 sujetos pertenecientes a tres generaciones de una familia finlandesa con déficit neurocognitivo en conciencia fonológica, memoria verbal, de corto plazo y denominación rápida, como manifestaciones de la dislexia. En ellos habían encontrado previamente un locus en el área pericentromérica del cromosoma 3 afectado, que ligaron con el fenotipo anteriormente descrito.

Hannula–Jouppi et al., (2005) reportaron en otra familia de Finlandia, una translocación en los cromosomas 3 y 8 que *“irrumperon en una porción del gen receptor del axón de guía ROBO1”* (Shaywitz, S.E, et al., 2008, p.213). Encontraron a un hermano del individuo con dislexia, que también sufría de este trastorno, pero que no presentaba la translocación.

Un locus comúnmente reproducido en los análisis de ligamiento, es el DYX2, que se encuentra en el cromosoma 6. El estudio de Francks et al., (2002) mostró una asociación entre los marcadores genéticos del gen KIAA0319, y el locus DYX2 en sujetos ingleses. Los hallazgos de este estudio se replicaron en Cardiff, Wales y Australia.

Meng et al., (2005) encontraron asociaciones entre dicho gen y fenotipos de sujetos lectores con IQ preservado. De acuerdo con Shaywitz, S.E, et al., (2008, p.213) *“la expresión de DCDC2 en el cerebro humano se correlaciona con la localización de los centros de lectura en las regiones temporal, prefrontal y posterior cingulada”*, de modo que el ligamiento de este gen con diferentes fenotipos de lectura, puede brindar una información más precisa acerca de las influencias genéticas en el desempeño lector.

Por otra parte, cabe mencionar que Grigorenko et al. (1997) establecieron una relación entre subtipos disléxicos con fenotipo de alteración en la conciencia fonológica y anomalías en el cromosoma 6.

La figura 4 ilustra las diferentes hipótesis del origen de la dislexia con sustrato genético.

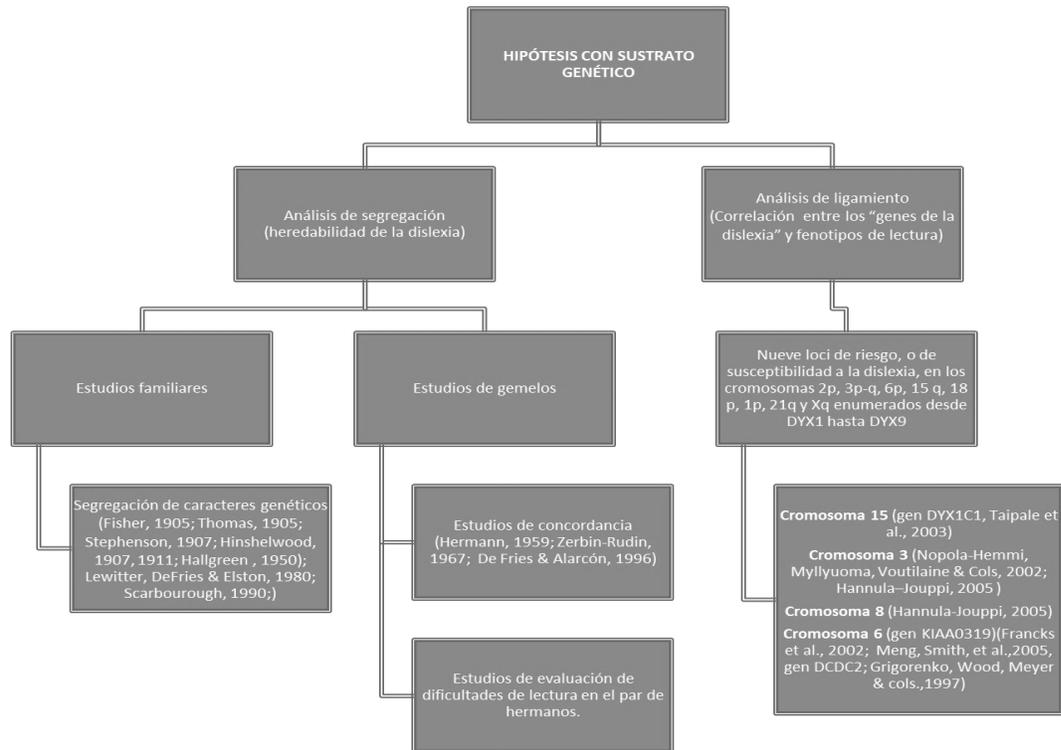


Figura 4. Hipótesis del origen de la dislexia con sustrato genético. Elaboración propia.

La figura 5 resume las hipótesis causales expuestas anteriormente:

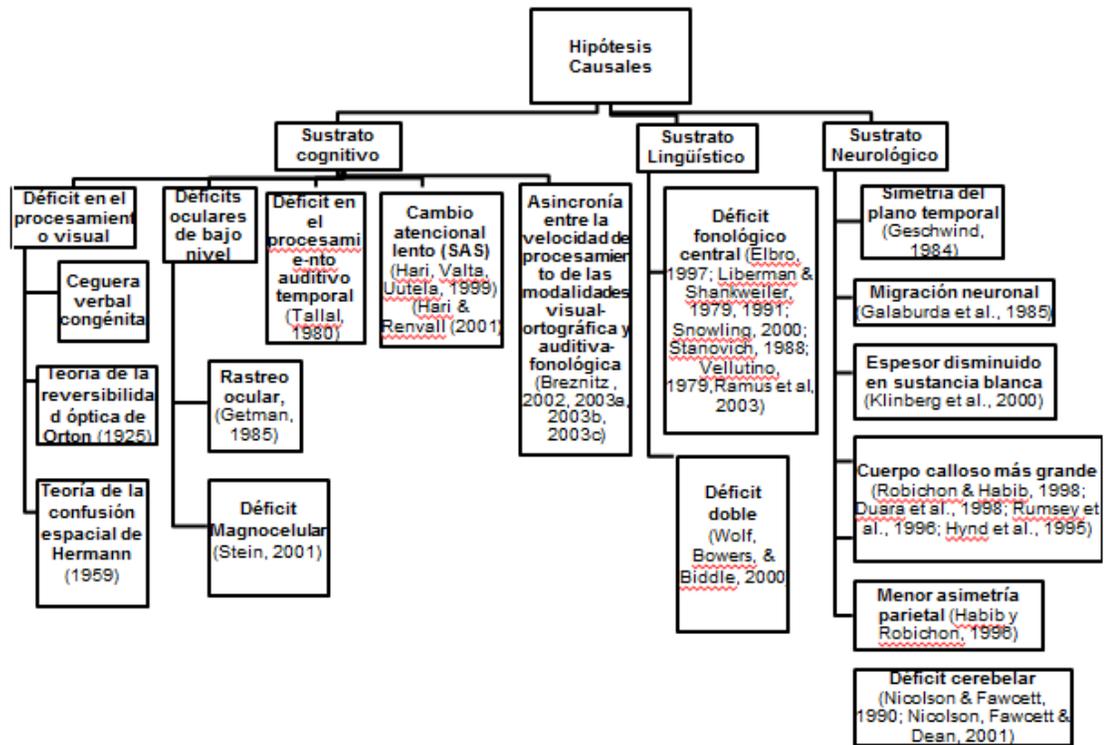


Figura 5. Hipótesis causales del origen de la dislexia. Elaboración propia.

5.5 El procesamiento de estímulos visuales

El estudio del procesamiento de estímulos visuales se remonta a los estudios de Ungerleider y Mishkin (1982), quienes localizaron dos sistemas visuales dentro de la corteza visual de los primates, cuya función principal era la percepción visual. Estas dos vías cortico-corticales en el cerebro visual de los primates subyacen a la conciencia perceptual.

Fue así como se identificó la vía dorsal que abarca desde el área V1 hasta la parte posterior de la corteza parietal, incluyendo el área temporal media y la vía ventral que se extiende desde V1 hasta la parte inferior de la corteza temporal incluida el área V4. Basándose en las alteraciones que se presentaban tras la lesión de las regiones hasta donde llegan las vías, Ungerleider y Mishkin sugirieron que la vía parietal posterior (dorsal) estaría relacionada con el reconocimiento de *dónde* están los objetos y la temporal inferior (ventral) con la identificación de *qué* son los objetos. La figura 6 ilustra el recorrido de las dos vías mencionadas.

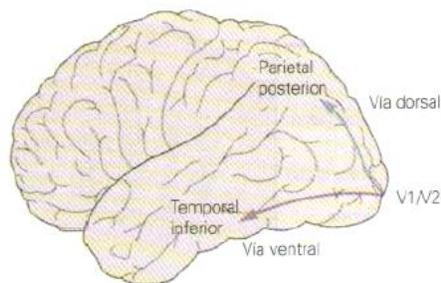


Figura 6. Vía dorsal y ventral. Tomado de *Principios de Neurociencia* por E. Kandel, J.H. Schwartz, & T.M. Jessell, 2001. McGraw-Hill Interamericana de España, S.A.U. p. 501.

Inicialmente, la información visual es transmitida desde la retina hasta la corteza a través de dos vías: la P (parvocelular) y la M (magnocelular). Sus nombres se deben a dos tipos de células ganglionares de la retina: Las células grandes (M) y las células pequeñas (P) cuya función es la de transmitir información a las capas del cuerpo geniculado externo del tálamo.

Mientras los axones de las células M se proyectan hacia las capas magnocelulares del cuerpo geniculado externo (vía M) los axones de las células P se proyectan a las capas parvocelulares de este (vía P) estas vías continúan hasta capas diferentes de la corteza visual primaria (la vía M va hasta la capa 4 Cz y la vía P hasta 4C β)

Siguiendo la figura 7, se puede observar que en el área V1/ V2 aparecen dos subdivisiones: las "gotas" y las "barras" que deben su nombre a las figuras que forman tras la tinción por medio de la enzima citocromo-oxidasa. En V1 las regiones que más se tiñen forman un diseño de "gotas" separadas por regiones no teñidas, llamadas "intergotas". En V2 las regiones que más se tiñen forman "barras" oscuras, gruesas y finas, separadas por regiones pálidas o "interbarras".

La vía parvocelular (P) llega a las "gotas" e "intergotas" de V1. Desde las gotas de V1 la vía se dirige hacia las barras delgadas de V2, y de las "intergotas" se proyecta hacia las "interbarras" de V2. Las regiones de barras finas y de interbarras de V2 se proyectan hacia V4 (área de procesamiento del color) y forman la vía ventral que llega a la corteza temporal inferior. La vía magnocelular (M) va desde las capas magnocelulares del cuerpo geniculado externo y a través de V1 a las barras gruesas de V2. Desde V1 y V2 se proyectan hacia el área temporal media y forman la vía dorsal que abarca hasta la corteza parietal posterior. V5 (área temporal media) se encarga del movimiento y la profundidad, y las áreas de la corteza parietal posterior, de la función visoespacial. Las neuronas de este sistema son insensibles al color, no útiles para el análisis de objetos inmóviles. La vía dorsal se ocupa de *dónde* están los objetos y no tanto de *qué* son, de lo cual se encarga la ventral.

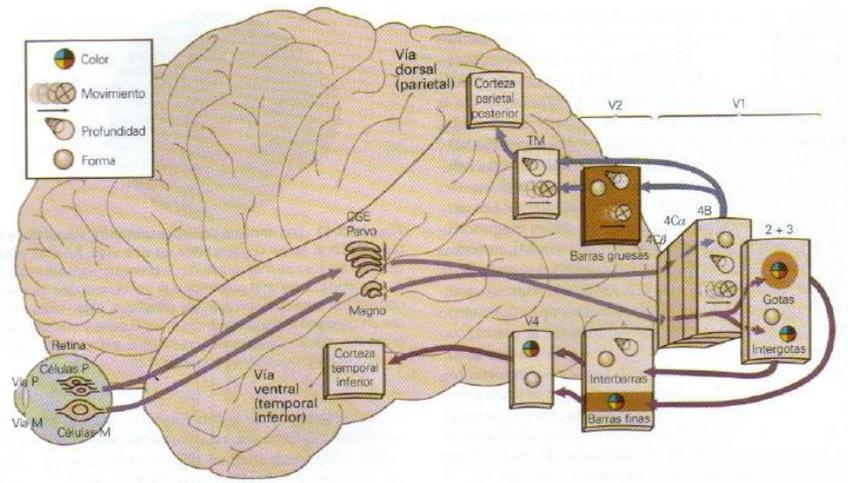


Figura 7. El sistema visual. Tomado de *Principios de Neurociencia* por E. Kandel, J.H. Schwartz, & T.M. Jessell, 2001. McGraw-Hill Interamericana de España, S.A.U. p. 502.

Otros autores como Milner y Goodale (1995) plantearon una versión corregida del modelo de los dos sistemas visuales de acuerdo con la cual, a partir de estos se lleva a cabo una transformación visuomotora, esto es, hay una conversión automática de la información visual en órdenes que se le dan a la mano para alcanzar y agarrar objetos.

Propusieron entonces que la conciencia perceptual no era la función principal o exclusiva de la visión en los primates y en los humanos, y basándose en pacientes con agnosia (lesión en el área inferior temporal) y ataxia óptica (lesión en la corteza parietal posterior), identificaron que la vía ventral estaba relacionada con una *visión para la percepción*, y la vía dorsal, con una *visión para la acción*.

Posteriormente, Jeannerod y Jacob (2004) ampliaron los conceptos de la visión para la percepción y de la visión para la acción. Fue así como asociaron la visión para la percepción con un procesamiento semántico de la información visual, es decir, el entendimiento de que la visión humana no solo percibía objetos que pudiera o tuviera que manipular con las manos, y asociaron la visión para la acción con un procesamiento pragmático de la información visual, ligado a la planeación, ejecución y control visual de acciones más complejas.

Así mismo, reconocieron otras dos funciones principales para el lóbulo parietal, estas son la percepción de las relaciones espaciales entre los objetos y el almacenamiento de las representaciones de las acciones (cómo usar herramientas culturalmente empleadas).

5.6 El procesamiento de estímulos auditivos

El procesamiento cerebral de los estímulos auditivos tiene lugar desde las neuronas del núcleo coclear. Los axones de estas llegan hasta diferentes sitios del encéfalo por medio de tres vías: la estría acústica dorsal, la estría acústica intermedia y el cuerpo trapezoide. Los impulsos que envía el cuerpo trapezoide al núcleo superior de la oliva, generan interacciones bilaterales. Allí, en el núcleo superior de la oliva las divisiones medial y lateral intervienen en la localización de los

sonidos en el espacio. Los axones postsinápticos que provienen del núcleo superior de la oliva, y los que provienen de los núcleos cocleares se proyectan hasta el tubérculo cuadrigémino inferior del mesencéfalo, a través del lemnisco externo. Los axones de las neuronas del tubérculo cuadrigémino alcanzan el núcleo geniculado medial del tálamo y posteriormente, los axones de este transmiten información hasta la corteza auditiva primaria (áreas 41 y 42 de Brodmann), a una parte de la circunvolución temporal superior. La figura 8 representa el proceso descrito anteriormente y la figura 9 presenta las áreas involucradas en el procesamiento de estímulos auditivos y visuales.

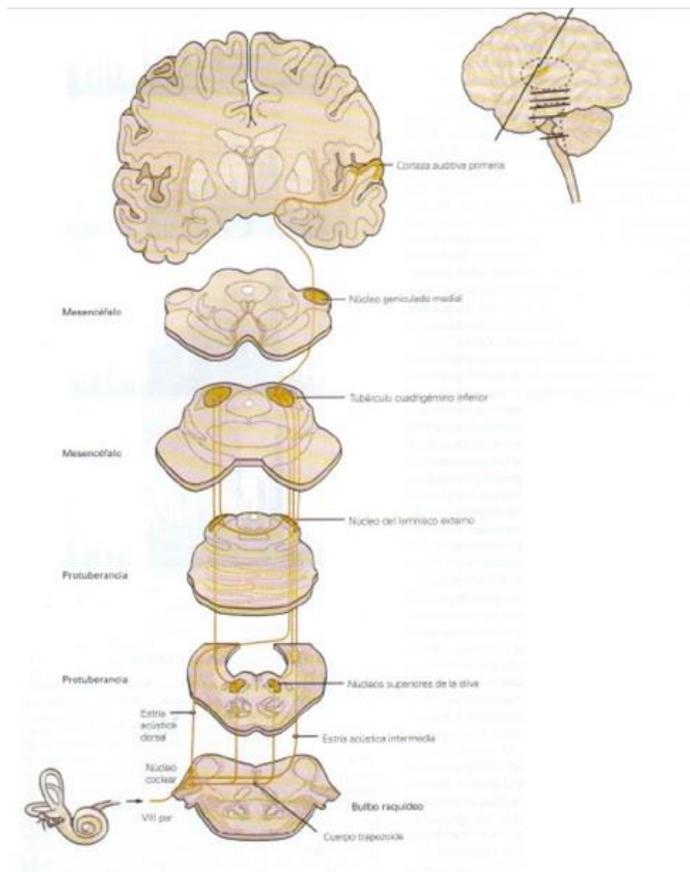


Figura 8. El sistema auditivo. Tomado de *Principios de Neurociencia* por E. Kandel, J.H. Schwartz, & T.M. Jessell, 2001. McGraw-Hill Interamericana de España, S.A.U. p. 604.

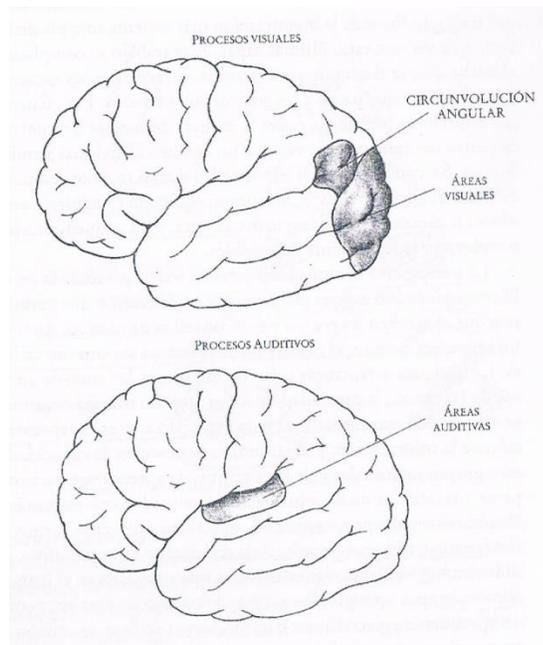


Figura 9. El procesamiento de estímulos auditivos y visuales. Tomado de *Cómo aprendemos a leer. Historia y ciencia del cerebro y la lectura* por M. Wolf, 2008. Barcelona: Ediciones B.S.A., p.201.

5.6.1. La percepción del habla

Este proceso sigue una serie de etapas, basadas en consideraciones más lingüísticas que psicológicas, por lo tanto, no se describirán estadios discretos sino transformaciones sucesivas que tienen los estímulos auditivos lingüísticos, desde que son señal física (sonido) hasta que se usan en procesos de acceso léxico y comprensión. De acuerdo con Studert-Kennedy, 1974; Clark & Clark, 1977, citados en Belinchón, Riviére, & Igoa, 1992) son cuatro:

Análisis auditivo-periférico: En donde tiene lugar una decodificación de las señales de habla en el sistema auditivo periférico. Las estructuras anatómicas y neuronales permiten un análisis de los rasgos acústicos relevantes. En este proceso intervienen mecanismos neuroacústicos, que son los patrones de descarga de las fibras nerviosas acordes con los atributos de la señal acústica, por ejemplo, los que están presentes en las consonantes oclusivas de inicio de sílaba como /pa, /ba/, /ta/, /da/, /ga/ /ka/ y los mecanismos psicoacústicos que son independientes de los correlatos fisiológicos. Por ejemplo, dentro de estos están los “filtros paso-banda” que hacen transformaciones de la señal en algunos de sus componentes.

Análisis auditivo-central: En esta etapa se extraen de la señal unos patrones espectrales (frecuencia fundamental, dirección de las transiciones de los formantes) y temporales (el desfase entre eventos ocurridos en la emisión de la señal) y se almacenan en la memoria auditiva breve (ecoica). Gracias a este análisis se hallan claves acústicas que al combinarse dan lugar a los fonemas. Estas claves son dependientes del contexto acústico.

Análisis acústico-fonético: En esta etapa hay un procesamiento lingüístico de la señal de habla, que permite identificar los segmentos del habla, de tal forma que las claves acústicas se emparejan con los rasgos distintivos fonéticos. Hay así mismo una categorización perceptiva del habla, por medio del descubrimiento de constancias perceptivas que permiten discretizar los sonidos, y así se soluciona el fenómeno de la variabilidad en las emisiones del habla. Algunos investigadores incluso plantearon la existencia de “detectores de rasgos”, que serían mecanismos neuronales especializados para identificar los rasgos fonémicos distintivos como la sonoridad, nasalidad, estridencia, duración, entre otros.

Análisis fonológico: Finalmente, se llega a la etapa en la que los segmentos fonéticos identificados previamente se convierten en representaciones fonológicas, abstractas de esos sonidos, que están sometidas a reglas de combinación para generar unidades superiores como sílabas y palabras. Se forma entonces una estructura de constituyentes fonológicos, estos son el inicio o ataque de la sílaba, y la rima, que se subdivide en el núcleo vocálico y la coda o final consonántico.

5.7 El reconocimiento de palabras y los modelos conexionistas

De acuerdo con Breznitz (2002, p.15), *“el reconocimiento de palabra es una habilidad de lectura fundamental y provee la base sobre la cual otros aspectos de la capacidad de lectura se desarrollan”* el déficit en dicha habilidad, se presenta generalmente en los sujetos disléxicos (Adams, 1990; Perfetti, 1992; Stanovich, 1991).

Siguiendo los modelos conexionistas aplicados al procesamiento de la lectura, (Adams, 1990; Barron, 1991; Seidenberg, 1990), los sistemas fonológicos y ortográficos realizan operaciones coordinadas con el propósito de activar las representaciones semánticas de las palabras en el léxico mental. Estos dos sistemas son autónomos, en tanto que funcionan con base en modalidades separadas y tienen una forma diferente de procesar la información. Mientras que el sistema fonológico funciona por medio de una ruta auditiva, con base en el habla y maneja información fonémica de las palabras, en el bucle articulatorio (Baddeley, 1986); el sistema ortográfico opera con información de los patrones visuales de las palabras. Mientras que la información auditiva-fonológica se procesa en serie, o en secuencia (Rozenzweig & Bennett, 1996), la información visual se procesa de una manera global, u holística. De manera que la información puede llegar primero a los sistemas ortográficos que a los fonológicos.

La información auditiva y visual llega a su destino en momentos diferentes. Es así como la información visual alcanza la corteza visual cerca de los 70 ms después de la presentación del estímulo y la información auditiva llega a la corteza auditiva 30 ms después. Estas diferencias de tiempo entre las modalidades inciden en la lectura exitosa, que requiere la integración de representación visuales-ortográficas y auditivas-fonológicas de los símbolos escritos. La sincronización de la información se logra solamente si cada modalidad procesa la información a un ritmo adecuado. (Breznitz, 2003)

Entonces, para que podamos reconocer una palabra, los aspectos auditivos y visuales deben ser combinados en el cerebro dentro de un cierto marco de tiempo, es decir, la información proveniente de cada tipo de estímulo debe emparejarse, mediante las conexiones exactas entre

las representaciones visuales de las letras y palabras y las representaciones acústicas, tanto a bajo, como a alto nivel de procesamiento (Breznitz, 2002).

Los modelos conexionistas tienen su inspiración en el funcionamiento cerebral y tratan de simular las redes neuronales. No conciben el sistema de lectura como formado por módulos independientes, sino por redes con nodos que se interconectan y tienen niveles de activación, acordes con la tarea que se les plantee. Estas redes tienen semejanza con las redes neuronales del cerebro.

Dentro de los modelos conexionistas más reconocidos se encuentra el de triángulo de Seidenberg y Mc Clelland (1989) que fue una versión avanzada del modelo PDP (*Paralel Distribution Processing*) de McClelland y Rumlehart (1981) que posteriormente desarrollaron Plaut, McClelland, Seidenberg y Patterson (1996)

El modelo mencionado reconoce tres niveles (sistemas: redes de nodos): ortográfico, fonológico y semántico, que se encuentran unidos mediante unidades ocultas. No plantea el uso de dos vías alternativas, como la léxica y subléxica en el modelo de ruta dual en cascada (Cuetos, 2011), pues considera que la lectura de pseudopalabras emplea el mismo mecanismo que la de palabras, simplemente, estas últimas serían leídas como palabras de muy baja frecuencia. El modelo asume dos vías para la lectura en voz alta, una que une el nivel ortográfico con el fonológico directamente, y otra que requiere como intermediario al nivel semántico. El acceso al significado se efectúa a través de uno de estos mecanismos. Es un modelo que prioriza la práctica y la experiencia para darle más peso a las conexiones entre las representaciones ortográficas, fonológicas y semánticas. De modo que a mayor activación, más fuerza de conexión, de tal forma se explica que las palabras de alta frecuencia se reconozcan con mayor rapidez que las de baja frecuencia y que las palabras se reconozcan más rápido que las pseudopalabras. Es un modelo en el que no se plantean entradas léxicas individuales, sino que se postula la existencia de una red de conexiones, en donde los rasgos de las palabras (el deletreo, la pronunciación, el significado, entre otros), se representan como patrones de activación sobre unidades o nodos que codifican la información. De esta manera, cuando se le presenta a la red un input ortográfico se produce una activación en los nodos ortográficos y fonológicos, que con la experiencia y exposición reconocerá cada vez mejor, gracias a la modificación de sus pesos de conexión (Guzmán, 1997), lo cual lo convierte además en un modelo de aprendizaje.

Adicionalmente, es importante señalar que este modelo permite probar hipótesis causales por ejemplo sobre las dificultades en la lectura, más específicamente sobre la dislexia.

Seidenberg (2007) sugiere que, por ejemplo, si se quiere probar el papel de un déficit fonológico, como en el caso de la dislexia fonológica se puede introducir una dificultad de esta índole a un modelo de desempeño normal antes de iniciar el entrenamiento. Harm y Seidenberg (1999) introdujeron discapacidad fonológica moderada o severa y luego entrenaron el modelo. Entonces encontraron que los modelos con estas dificultades aprendían más lentamente y algunos aspectos de la lectura estaban más afectados que otros. Por ejemplo, a pesar de que aprendían las pronunciaciones de muchas palabras, se seguían desempeñando pobremente en la tarea de pronunciar nuevas cadenas de letras (no palabras). De tal manera, se observó que este comportamiento era cercano al de los adultos disléxicos fonológicos. Seidenberg sostiene que los modelos conexionistas presentan “una forma única de probar las hipótesis sobre las causas de la dislexia y cómo producen déficits comportamentales característicos” (Seidenberg, 2007, p.13) y por esta razón es el tipo de modelos que se siguen como base teórica para esta investigación.

5.8 La velocidad de procesamiento de la información (SOP)

La velocidad de procesamiento (SOP) puede ser entendida como una medida de la fluidez para la decodificación y el reconocimiento de palabras, (Compton & Carlisle, 1994; Greene & Royer, 1994) que consecuentemente afectará la velocidad de lectura y en general, el desempeño lector.

Los hallazgos de diferentes estudios, en los que se ha usado estímulos lingüísticos de alto nivel indican que los lectores disléxicos presentan procesos de memoria de trabajo lenta, (Breznitz, 1997; Breznitz & Share, 1992) recuperación de palabra lenta (Breznitz, 1987), velocidad de denominación lenta, (Bowers & Wolf, 1993; Wolf, 1991) tasas de integración entre modalidades reducidas, (Nicolson & Fawcett, 1993; Tzeng & Wang, 1984; Yap & Van der Leij, 1993) velocidad de procesamiento más lenta en tareas fonológicas (Breznitz, 2003)

En cuanto al procesamiento de información de bajo nivel, los lectores disléxicos también sufren déficits (Nicolson & Fawcett, 1994). Se ha obtenido al respecto evidencia en el déficit perceptual no lingüístico, en el dominio visual y auditivo, especialmente en cuanto al procesamiento de información temporal (Corcos, Kruk, & Willows 1993; Eden, Stein & Wood, 1993; Lovegrove & Staghuis, 1989; Wright & Groner 1993).

Breznitz (2002) sostiene que indagar sobre la SOP puede brindar explicación sobre muchas características de los sujetos disléxicos. Esto, considerando que el déficit de velocidad generalizado afectaría cada subproceso de la lectura, entre ellos la velocidad misma de la lectura y la comprensión. El estudio de la velocidad de procesamiento (SOP) debe incluir el análisis sobre cómo un déficit general en esta puede hacer más lenta la identificación de los grafemas y su conversión a fonemas, pero no incidir directamente en la precisión del reconocimiento de palabra, esta última, característica de los lectores disléxicos, especialmente, de lenguas con ortografía transparente.

5.9 El sistema de lectura del cerebro y las etapas de evolución en la lectura

De acuerdo con Wolf (2008) se pueden reconocer una serie de etapas de evolución en la lectura, asociadas con las regiones implicadas en su procesamiento, que se presentan a continuación.

5.9.1 El lector novel o incipiente

El cerebro de un lector incipiente, como por ejemplo, el de un niño, emplea áreas diferentes a las que usa un lector experimentado, por ejemplo, un adulto. Inicialmente, la actividad es bilateral, pero con el tiempo, la práctica y la especialización en la lectura, el gasto cognitivo se reduce y por lo tanto, hay más eficiencia en las conexiones sinápticas.

Son de especial atención tres regiones implicadas: 1) los lóbulos occipitales, es decir las áreas visuales primarias y de asociación visual, y la circunvolución fusiforme, ubicada al interior de los lóbulos occipitales y adyacente al lóbulo temporal. 2) los lóbulos temporales y parietales, en regiones bihemisféricas, con predominio del hemisferio izquierdo: La circunvolución angular y supramarginal de gran importancia para integrar los procesos fonológicos con los visuales,

ortográficos y semánticos. Adicionalmente, el área de Wernicke, fundamental para la comprensión del lenguaje que se encuentra mucho más activa en los niños y 3) el área de Broca, en el lóbulo frontal inferior del hemisferio izquierdo, asociada con la producción del lenguaje, especialmente los procesos fonológicos y semánticos. Las áreas frontales así mismo, son conocidas por su papel principal en procesos ejecutivos como la memoria.

El cerebelo, estructura subcortical es otro protagonista de este circuito lector incipiente, dado que permite la sincronización, precisión y automatización de los procesos lingüísticos y motrices de la lectura.

5.9.2 El lector descifrador

Este tipo de lector pasa mucho tiempo intentando descubrir las palabras. Emplea la ruta dorsal, un circuito mucho más lento que conecta las áreas visuales con las regiones temporal superior y parietal inferior y desde allí hace conexión con las regiones frontales. Este circuito le da más tiempo al niño para hacer síntesis fonológica, procesamiento fonológico y acceso léxico.

5.9.3 El lector sensible y fluido

Un lector con comprensión fluida no solamente está preparado para descifrar y comprender los textos, sino también para sentirlos. Es en esta etapa en la que hay una clara activación del sistema límbico, representado en la figura 10, que está relacionada con esta experiencia vivencial del texto.

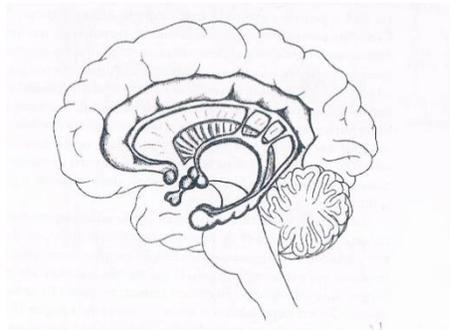


Figura 10. El sistema límbico. Tomado de *Cómo aprendemos a leer. Historia y ciencia del cerebro y la lectura* por M. Wolf, 2008. Barcelona: Ediciones B.S.A., p.168.

Este lector presenta mayor especialización al momento de procesar la información fonológica y acceder al léxico. Utiliza la ruta ventral (o ruta inferior, representada en la figura 11), ya no bihemisférica, sino con predominio del hemisferio izquierdo, lo que lo hace más veloz y preciso. Esta ruta comprende regiones visuales y temporoccipitales más concisas, así como las regiones

temporales medias e inferiores y las regiones frontales. Esta especialización del hemisferio izquierdo, deja libre espacios de ambos hemisferios para realizar los procesos subsiguientes a la decodificación, esto es, los procesos semánticos (comprensión), de niveles superiores, a los que apunta finalmente el propósito de la lectura.

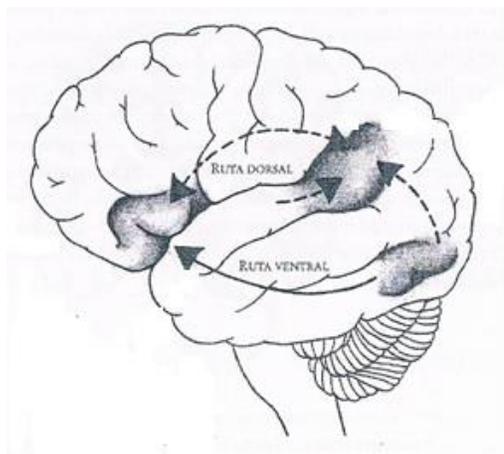


Figura 11. Las rutas dorsal y ventral del sistema lector. Tomado de *Cómo aprendemos a leer. Historia y ciencia del cerebro y la lectura* por M. Wolf, 2008. Barcelona: Ediciones B.S.A., p.169.

5.9.4 El lector experto

Este es el lector que es capaz de fusionar los procesos cognitivos, lingüísticos y afectivos para poder acceder a la comprensión de un texto, cuyas áreas implicadas, aparecen señaladas en la figura 12. Su experiencia le ha permitido adquirir vocabulario, reconocer contextos de uso de las palabras y sus respectivos significados. Su desarrollo se ha ampliado del plano ortográfico y fonológico, al plano semántico.

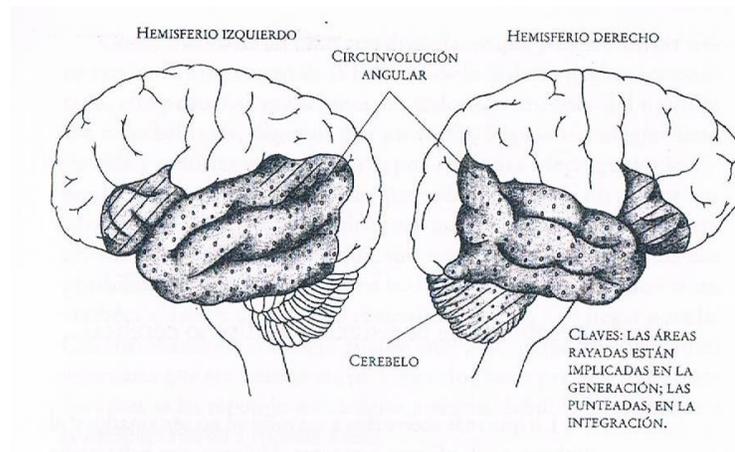


Figura 12. La comprensión en el lector experto. Tomado de *Cómo aprendemos a leer. Historia y ciencia del cerebro y la lectura* por M. Wolf, 2008. Barcelona: Ediciones B.S.A., p.183.

Cuadro 1. Regiones, áreas y funciones implicadas en el sistema de la lectura

Región	Área	Función
Lóbulos frontales	Área de Broca	Se activa al leer las palabras en voz alta y en silencio
Región central-corteza parieto-temporal	Área de Wernicke, circunvolución angular	Relación entre la palabra hablada y la palabra vista
Región posterior, lóbulos parietales, región occipital	Área de la forma visual de las palabras (<i>Visual Word Form Area, VWFA</i>)	Deletreo. Relación entre sonido y significado de las palabras. Se activa cuando alguien nombra sonidos o imágenes.

Fuente: Elaboración propia basada en *Como aprende el cerebro* por J. Blakemore & U. Frith, 2008. Barcelona: Editorial Ariel, p.119.

Las regiones relacionadas en el cuadro 1. coinciden con la propuesta de Shaywitz (2003) quien reconoce varios sistemas implicados en la lectura: Un sistema anterior y dos sistemas posteriores. El primero ubicado en la circunvolución frontal inferior (área de Broca) que se encarga de la articulación y el análisis de las palabras, la lectura silenciosa y la denominación. El segundo, ubicado en la región parietotemporal, que comprende parte de la circunvolución supramarginal en el lóbulo parietal inferior, la parte posterior de la circunvolución temporal superior, parte de la circunvolución angular en el lóbulo parietal y el tercero, en la región occipitotemporal, (el área de la forma de las palabras) que se encarga de la identificación fluida, rápida y automática de las palabras. La figura 13 presenta las regiones implicadas en los sistemas de lectura.

Recientemente, Nakamura, Dehaene, Jobert, Le Bihan y Kouider (2007) identificaron dos sistemas anteriores adicionales al tradicional del área de Broca, uno ubicado de forma más dorsal y el otro más ventral en la región premotora que también contribuye al análisis de las palabras.



Figura 13. Regiones implicadas en el sistema lector. Tomado de *Como aprende el cerebro* por J. Blakemore & U. Frith, 2008. Barcelona: Editorial Ariel, p.121.

5.10 El sistema de lectura y la lengua del lector

Paulesu, et al. (2001) realizaron un estudio colaborativo en donde aplicaron neuroimagen a lectores competentes de inglés e italiano mientras leían palabras en voz alta o en silencio, de manera que pudieron identificar las regiones que componían el sistema de lectura del cerebro. Observaron que eran las mismas tanto en ingleses como en italianos (lóbulos frontales, región central de la corteza parieto-temporal y zona posterior de los lóbulos temporales), sin embargo encontraron algunas diferencias relacionadas con las etapas de la lectura, de modo que los lectores italianos presentaban mayor activación en la región temporal occipital, relacionada con el

principio alfabético: la relación entre las letras y sus sonidos; mientras que el área de la forma visual de las palabras (área 37 de Brodmann) estaba más activa en los lectores ingleses. Este estudio permite ver cómo el cerebro adapta sus conexiones a los requisitos que presenta el sistema de escritura, específicamente, los patrones ortográficos de la lengua. Los hallazgos del italiano, dada su transparencia y consistencia ortográfica, probablemente sean extrapolables a los del español, aunque no se cuenta con estudios similares hasta el momento. Siguiendo a Blakemore y Frith (2008):

En inglés y en francés es más importante reconocer formas de palabras completas que transcribir letras en sonidos. En castellano o italiano, esto es menos importante, pues el sonido de la palabra entera se obtiene fácilmente a partir de la gradual transcripción de letras en sonidos. En consecuencia, los lectores italianos activan el área de transcripción más que los ingleses y franceses quienes activan el área de la forma de las palabras más que los españoles o italianos. (pp. 122-123)

La figura 14 ilustra las diferencias en las áreas cerebrales implicadas en el sistema de lectura, de acuerdo con la lengua del lector.

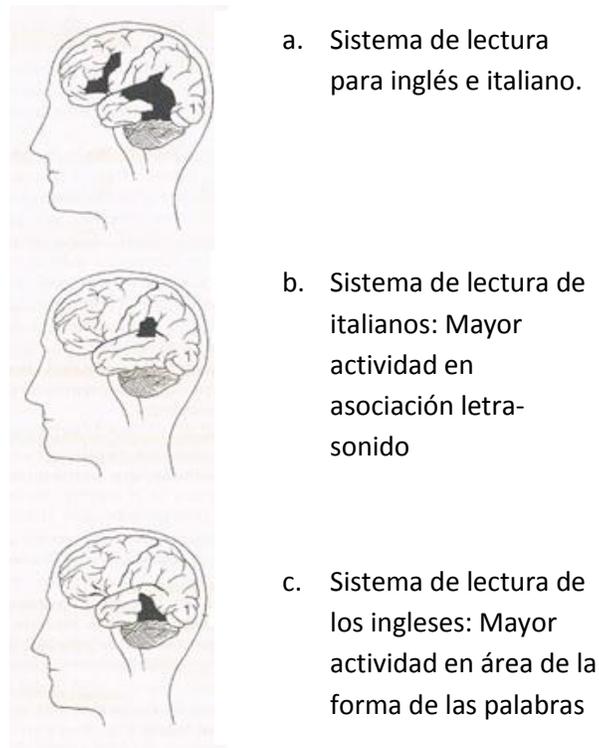


Figura 14. El sistema de lectura y su relación con la lengua. Adaptado de *Como aprende el cerebro* por J. Blakemore & U. Frith, 2008. Barcelona: Editorial Ariel, p.120.

5.11 La cronología de la lectura

Los procesos de la lectura son altamente interactivos, no lineales, suceden en paralelo y pueden reactivarse cuando el lector requiere información adicional, especialmente conceptual. A continuación se presentan las etapas que tienen lugar para llevar a cabo la lectura de un texto.

5.11.1 De 0-100 ms: Atención a las letras

De acuerdo con Blakemore y Frith (2008) En este periodo el lector realiza tres operaciones cognitivas: “desconectarse”, “concentrarse” y “desplazarse”

Primero, para desconectar su atención, emplea áreas de la parte posterior del lóbulo parietal, después, para desplazar su atención emplea partes del cerebro medio (el colículo superior) que están encargadas del movimiento de los ojos (sacadas) y finalmente, la concentración se produce gracias a la acción del tálamo. Estos procesos son resumidos en la figura 15.

La otra red de atención implicada en todas las fases de la lectura es la red de atención ejecutiva. Se encuentra ubicada al interior de los lóbulos frontales, en el cíngulo, bajo la fisura interhemisférica de los lóbulos frontales. Su parte más frontal es la encargada de que el sistema visual haga foco en los rasgos de las letras o de las palabras, esta región también coordina la información obtenida de otras áreas frontales encargadas del procesamiento del significado de las palabras y administra el uso de la memoria de trabajo.

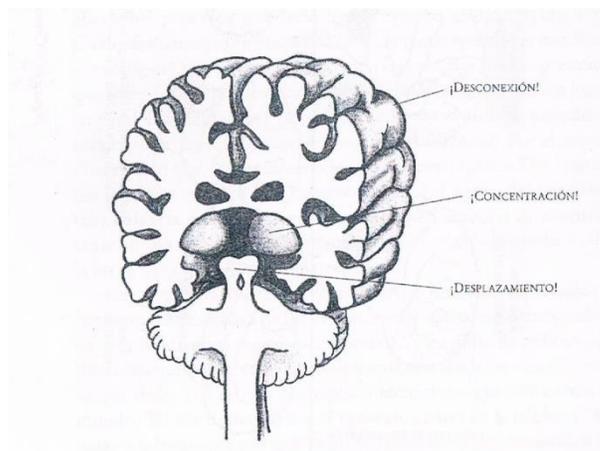


Figura 15. Procesos de atención a las letras. Tomado de *Como aprende el cerebro* por J. Blakemore & U. Frith, 2008. Barcelona: Editorial Ariel, p. 173.

5.11.2 De 50-150 ms: Reconocimiento de letras

El reconocimiento de las letras permite que las áreas visuales se especialicen. De modo que el ingreso al alfabetismo genera un cambio en la corteza visual. Este es el momento en el que ocurren los movimientos sacádicos sobre el texto para hacer un análisis perceptual de las grafías, de modo que se producen los procesos de representación ortográfica y visual. Luego entre los 150 y 200 ms se activan los sistemas ejecutivo y de atención de los que se encargan los lóbulos frontales.

El sistema ejecutivo analiza si es suficiente la información que ha recopilado sobre la forma de las letras y las palabras, como para que se continúen las sacadas o si es necesario hacer una regresión para obtener información adicional. Es una etapa en la que se analizan los grupos de letras como patrones aceptables o inaceptables en el idioma. El área 37 de Brodmann, (áreas temporoccipitales) se encarga de tal análisis. Dehaene y Mc Candliss (citados en Wolf, 2008) hipotetizaron al respecto, que al aprender a leer, algunas neuronas de esta área se especializan en los patrones ortográficos del sistema de escritura. Estas áreas originalmente corresponderían al reconocimiento de objetos y posteriormente, al aprender a leer sufrirían esta especialización. Los investigadores plantearon la existencia de un área visual de la forma de las palabras (VWFA en inglés) capaz de identificar si una palabra era real o no (decisión léxica). Como se puede observar en la figura 16 esta área se ubicaría en una posición adyacente al área V4 encargada del procesamiento del color. Dicha posición ocasionaría conexiones entre estas dos áreas, dando lugar al fenómeno de la sinestesia (cf. Blakemore & Frith 2008).

Otros investigadores (Wolf, Miller & Donnelly, 2000, citados en Wolf, 2008) hipotetizan que incluso antes de que el área 37 cumpla su cometido, las áreas frontales ya estarían estableciendo la correspondencia de las letras con los fonemas. Aun no hay confirmación sobre si estas áreas se relacionan realmente con la correspondencia fonológica o más bien con la planeación, una asociación más cercana a las funciones ejecutivas.



Figura 16. Área de la forma visual de las palabras. Tomado de *Como aprende el cerebro* por J. Blakemore & U. Frith, 2008. Barcelona: Editorial Ariel, p.122.

5.11.3 De 100-200 ms: El principio alfabético: La relación grafema-fonema

El principio alfabético, según el cual hay una correspondencia entre la forma gráfica de las letras y sus sonidos, tiene lugar en este periodo. Hace uso del área frontal inferior (área de Broca), regiones temporales y parietales y el hemisferio derecho del cerebelo.

Los lectores de sistemas ortográficos regulares, como es el caso del español, finlandés, alemán, italiano, tienen conexiones más rápidas y extendidas con los lóbulos temporales, que los lectores de idiomas con sistemas ortográficos más opacos, quienes requieren más tiempo para el análisis visual de las palabras, especialmente para palabras o morfemas irregulares.

5.11.4 De 200-500 ms: El acceso al léxico y la comprensión

En esta etapa el lector busca información asociada con el significado de la palabra. El conocimiento previo de la palabra asegura mayor velocidad en su procesamiento, de manera que una palabra frecuentemente empleada y familiar para el lector es más rápidamente procesada, que una con la que no tiene esta relación. Este conocimiento léxico comprende un continuo que comprende desde lo desconocido, pasando por lo familiar, hasta lo completamente desconocido. Las regiones superiores del lóbulo temporal, están involucradas en el procesamiento fonológico y semántico, y se activan más rápidamente cuando las palabras son ampliamente conocidas que cuando no lo son. Posteriormente, tienen lugar procesos sintácticos y morfológicos para integrar la información obtenida por las áreas frontales, temporales del hemisferio izquierdo, y del hemisferio derecho del cerebelo (ver figura 17).

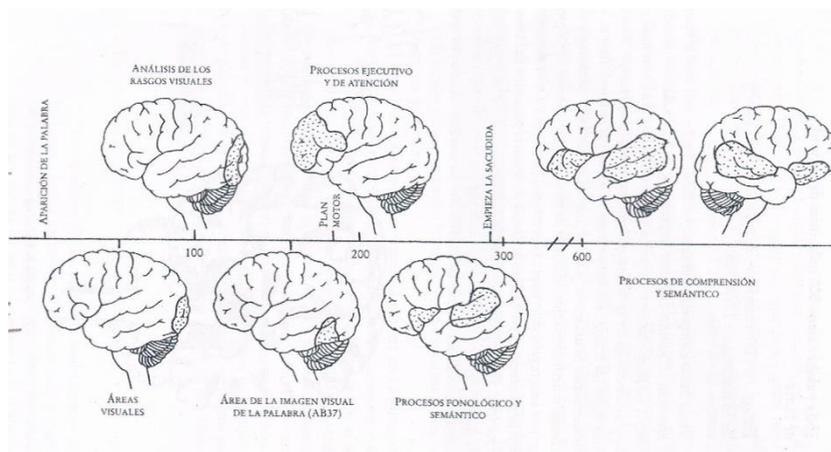


Figura 17. Cronología de la lectura. Tomado de *Cómo aprendemos a leer. Historia y ciencia del cerebro y la lectura* por M. Wolf, 2008. Barcelona: Ediciones B.S.A., p.172.

5.12 El sistema de lectura de un individuo con dislexia

Los lectores disléxicos presentan un retraso general en todas las etapas del procesamiento, como lo señala la figura 18, de la cronología de la dislexia.

El cerebro de un disléxico hace uso de mayor cantidad de estructuras del hemisferio derecho, que del hemisferio izquierdo, entre ellas las áreas de asociación visual y la región temporooccipital, la circunvolución angular, circunvolución supramarginal y temporal. En el caso de las regiones frontales, el uso es bilateral, sin embargo, siempre hay una activación retrasada. De modo que las personas con dislexia tendrían encargado de funciones altamente precisas a un hemisferio (el derecho) que no está adaptado para operaciones de índole temporal.

Algunos estudios, como el de S.E Shaywitz y B. Shaywitz (2008) (ver figura 19) han identificado una característica neuronal para la dislexia, que consiste en una interrupción de los sistemas de lectura posteriores durante la lectura de palabras reales y pseudopalabras y una sobreactivación compensatoria en el sistema anterior (circunvolución frontal inferior izquierda, circunvolución frontal inferior derecha) y una activación incrementada en el homólogo del área de la forma visual de las palabras en la región occipitotemporal derecha.

Los lectores disléxicos presentarían menor activación en la región más posterior del sistema de lectura (el área de la forma visual de las palabras) (ver figura 20).

Adicionalmente, una investigación reciente de Shaywitz et al. (2007), halló que la ubicación del sistema lector occipitotemporal era ligeramente diferente en los niños con dislexia y en los niños sin dislexia. En el primer caso, parecía ser más posterior y medial y en el segundo caso, más anterior y lateral.

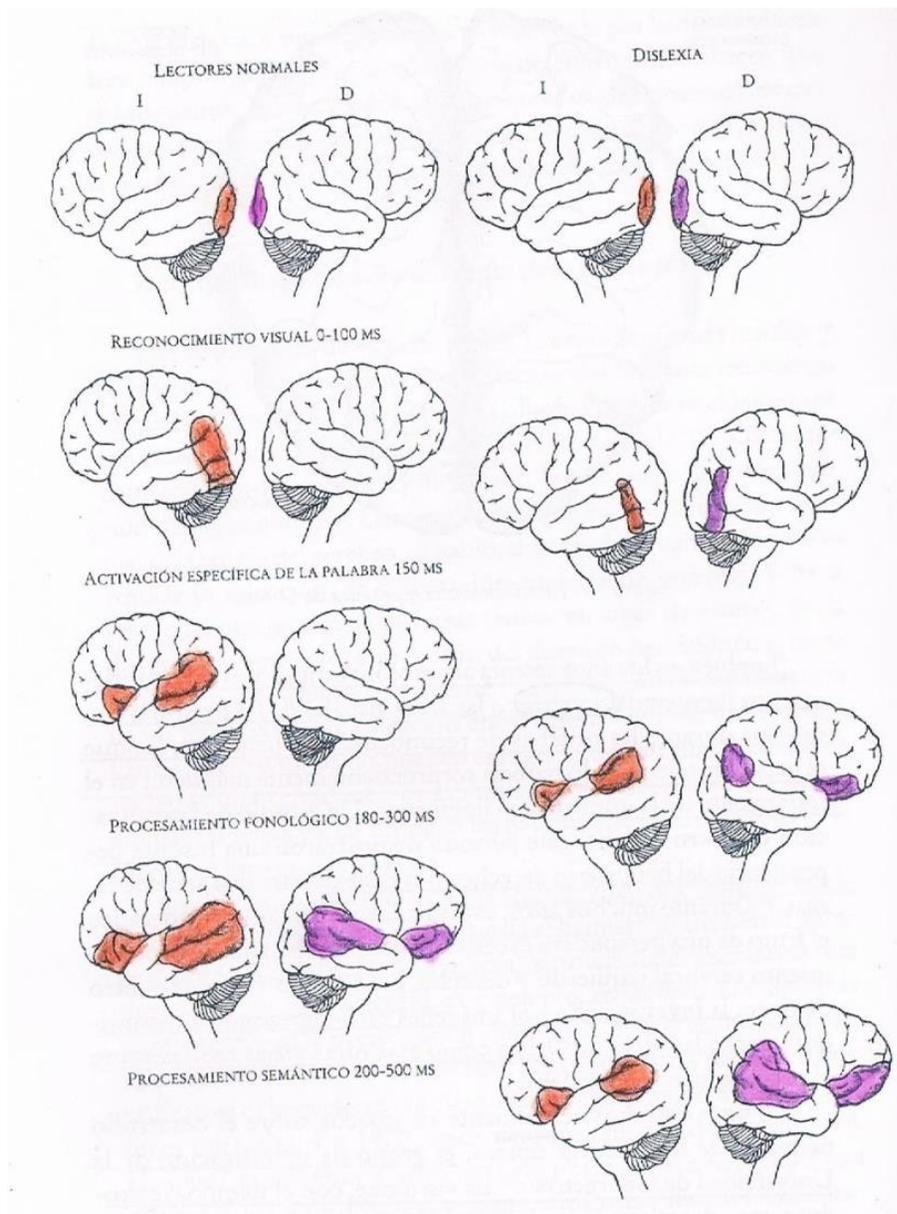


Figura 18. Cronología de la dislexia. Adaptado de *Cómo aprendemos a leer. Historia y ciencia del cerebro y la lectura* por M. Wolf, 2008. Barcelona: Ediciones B.S.A., p. 217.

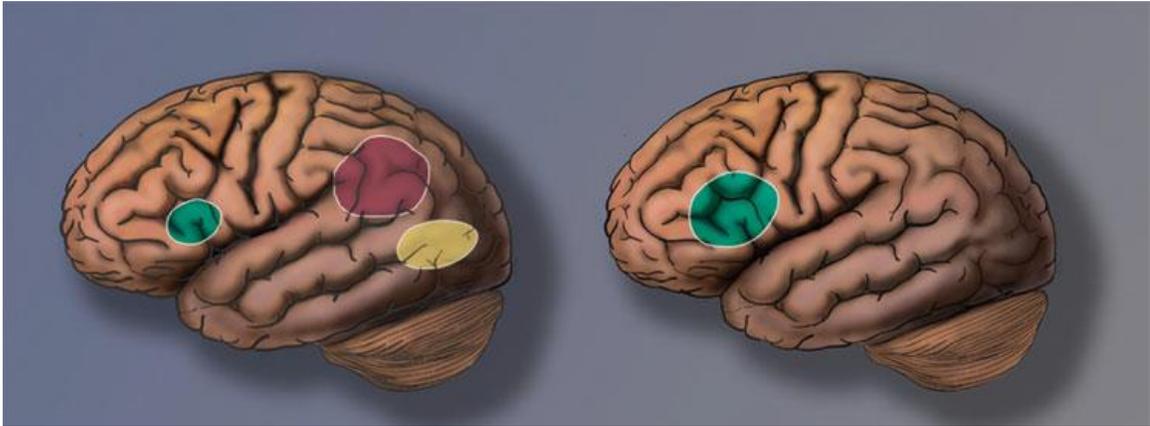


Figura 19. Comparación entre el sistema lector de individuos con y sin dislexia. A la izquierda se observan los tres sistemas implicados en los lectores sin dislexia y a la derecha, el predominio del sistema anterior en los lectores con dislexia. Tomado de *Paying attention to reading: The neurobiology of reading and dyslexia* por S.E Shaywitz, & B. Shaywitz, 2008. *Development and Psychopathology*, 20, p. 1337.

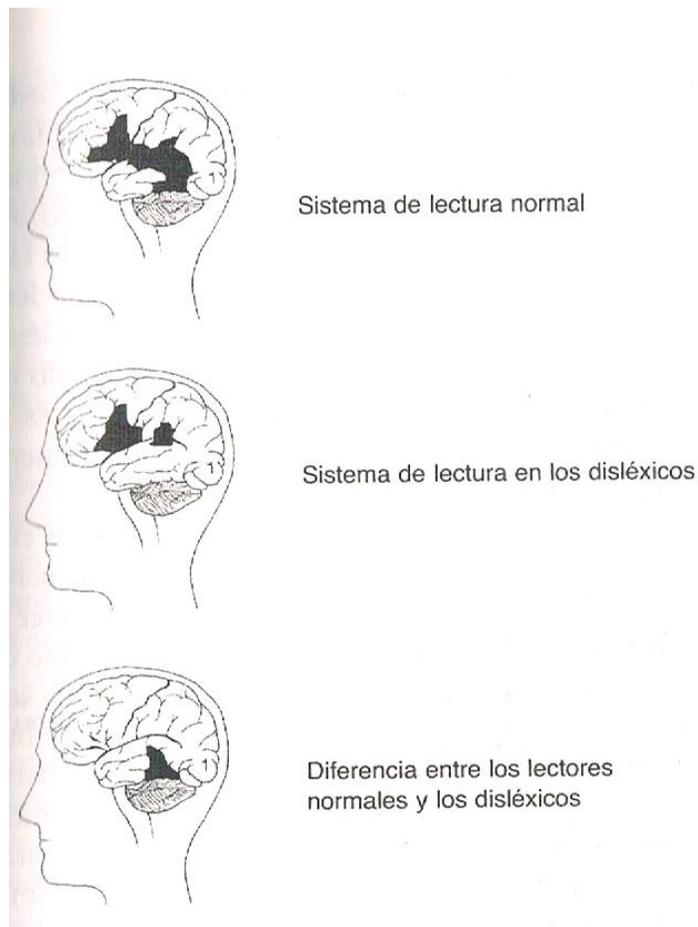


Figura 20. Las diferencias entre el sistema lector normal y el de los disléxicos. En la primera imagen se aprecia el sistema de lectura de individuos sin dislexia, en la segunda el sistema de lectura que se encuentra en quienes tienen dislexia y en la tercera, y en la tercera, la diferencia entre las áreas empleadas por los lectores normales y los lectores con dislexia. Tomado de *Como aprende el cerebro* por J. Blakemore & U. Frith, 2008. Barcelona: Editorial Ariel, p.141.

5.13 Diferencias en la lectura según las características de los sistemas ortográficos

Perfetti y Tan (1999), sostienen que el sistema de escritura de una lengua es de considerable importancia en el proceso de la lectura, dado que provee unidades que se corresponden con uno o más niveles de la lengua (fonémico, silábico, morfológico, léxico) y esto influenciará posteriormente el proceso de identificación de palabras escritas. Sin embargo, argumentan que hay influencias que van aún más lejos del sistema de escritura y que están relacionadas con los detalles de la ortografía. Esta última puede variar dentro de los sistemas alfabéticos, debido a

diferencias en el grado de transparencia o profundidad, consistencia y regularidad, todas ellas, características basadas en el principio de que los grafemas (letras y cadenas de letras) corresponden a las unidades fonémicas del habla. De acuerdo con Caravolas (2005):

El inglés se considera el sistema más inconsistente e irregular, dado que 1) la relación entre sus grafemas y fonemas es opaca, 2) las correspondencias grafema-fonema, y fonema-grafema son inconsistentes (un grafema puede tener diferentes pronunciaciones 3) existen muchas excepciones a los patrones ortográficos aceptables (p.338).

El español, por el contrario, exhibe 1) una relación transparente entre sus grafemas y sus fonemas, 2) las correspondencias grafema-fonema y fonema-grafema son más consistentes, pues existen pocos casos de diferentes grafemas que representan el mismo fonema, “c”, “g” y “r” que tienen reglas dependientes del contexto. A cada grafema le corresponden dos fonemas diferentes pero su pronunciación está reglada (la “c” se pronuncia /k/ cuando va seguida de las vocales “a”, “o”, “u” y /s/ cuando va seguida de “e”, “i”, , la “g” se pronuncia /g/ cuando va seguida de “a”, “o”, “u” y /γ/ seguida de “e”, “i”; la “r” se pronuncia /r/ al comienzo de palabra y después de “n”, “l” y “s” y /r/ en el resto de las situaciones, (Matute et al., 2012) 3) existen muy pocas excepciones a los patrones ortográficos aceptables.

5.14 La influencia del sistema ortográfico del español en las manifestaciones de la dislexia

El español, al ser un sistema ortográfico transparente, facilita el proceso de decodificación de grafema a fonema, de modo que, los errores de lectura que más comúnmente se presentan en los disléxicos se deben a un déficit en la velocidad de lectura, mientras que son menos frecuentes las dificultades relacionadas con la precisión en el reconocimiento de palabras (Wimmer, 1993; Tressoldi, Stella & Fagella, 2001; Wimmer & Goswami, 1994). Así lo sostienen los estudios en hablantes de castellano, realizados por Davies, Cuetos y Glez- Seijas (2007) en donde los lectores disléxicos tuvieron un alto nivel de precisión lectora, en general y cometieron pocos errores, consistentes en *“sustituciones que formaban otras palabras, o no palabras con un alto grado de similitud”* (Matute et al., 2012, p. 41).

La prevalencia de la dislexia también se encuentra afectada por el sistema ortográfico. Jiménez y García (2007), por ejemplo, reportan una prevalencia de 5% (2% de disléxicos, 3% con dificultades ortográficas) en una muestra de 1048 españoles.

El sistema ortográfico también permea la prevalencia de los subtipos disléxicos. Jiménez, Rodríguez y Ramírez (2009) encontraron en su investigación, que en su muestra, había 47% de los individuos con dislexia superficial y solo 22,8% con dislexia fonológica, esto consistía en un patrón opuesto al del habla inglesa.

5.15 Potenciales evocados

5.15.1 Definición de potenciales evocados

“El potencial evocado es la respuesta del sistema nervioso a un estímulo sensorial determinado que genera una o varias señales biológicas identificables con técnicas neurofisiológicas de registro” (Crump, 2011, p. 115) La generación de estas señales eléctricas depende de las estructuras anatómicas relacionadas con el estímulo provocado.

5.15.2 Clasificación de los potenciales evocados

Los potenciales evocados pueden ser auditivos, visuales, o somatosensoriales, dependiendo del tipo de estímulo a partir del cual se originen, que puede ser auditivo, (Roth, Ford, Pfefferbaum, & Elbert, 1995), visual, o corporal (estimulación de nervio mediano en muñeca o nervio tibial) (Nicholas & Samra, 1997).

Los componentes de los potenciales evocados se encuentran definidos, de acuerdo con su polaridad (positiva o negativa), su latencia, su distribución en el cuero cabelludo y su relación con variables experimentales (Duncan et al., 2009).

De acuerdo con su latencia pueden dividirse en potenciales evocados de corta latencia, precoces o tempranos, los cuales se considera que representan la actividad de los nervios sensoriales, el tallo cerebral, y la corteza sensorial primaria (Allison, Woods, & McCarthy, 1986) y dan lugar a ondas positivas (onda I, onda II, onda III, onda IV, onda V, onda VI y onda VII), medios o intermedios, los cuales dan lugar a una serie de ondas positivas y negativas (No, Po, Na, Nb, Pb) y tardíos o de larga latencia que representan algunos aspectos del procesamiento de información, como la distribución de la atención, la toma de decisiones y la activación de la memoria inmediata (Polich & Kok, 1995) y dan lugar a ondas tanto positivas como negativas (N100, P100, P200, N200, P300, N400, P600, VCN, MMN).

5.15.3 Definición de potenciales evocados relacionados con eventos cognoscitivos (ERP's)

Los potenciales evocados relacionados con eventos cognoscitivos son un método de monitoreo del flujo de información en el cerebro, de carácter no invasivo, con resolución temporal excepcional, de los procesos cognitivos en el cerebro humano sano y en estados patológicos (Duncan et al., 2009). Se relacionan temporalmente con un evento físico y/o mental (estimulación sensorial) que los suscita y se extraen promediando las señales eléctricas cerebrales (Duncan et al., 2009) que registra el electroencefalograma (EEG), por medio de electrodos ubicados en el cuero cabelludo.

La amplitud de los componentes del ERP indica a qué extensión se distribuyen los recursos neuronales para procesos cognitivos específicos, mientras que la latencia de los componentes indica el curso del procesamiento en milisegundos. Los ERP's se encargan de complementar la información ofrecida por las variables de las tareas comportamentales (precisión y velocidad) y

son sensibles a las variables relacionadas con el procesamiento de la información (e.g. agudeza en la discriminación auditiva, expectativa, procesamiento semántico) (Duncan et al., 2009).

5.15.4 Componentes que aparecen en potenciales evocados relacionados con eventos cognoscitivos (ERP's)

El componente P100

Este componente es más amplio en sitios occipitales laterales y típicamente aparece entre 60 y 90 ms después de la presentación de los estímulos y hace pico entre los 100 y 130 ms. Su latencia varía dependiendo del contraste del estímulo. Sus generadores tempranos están en la corteza dorsal extraestriada (circunvolución occipital media), y de manera tardía emerge desde una zona más ventral, de la circunvolución fusiforme.

La P100 es sensible a la dirección de la atención espacial, y al estado de alerta del sujeto (Vogel & Luck, citados en Luck, 2005)

El componente N200

Naatanen y Picton (1986, citados en Luck, 2005) describieron que un estímulo no objetivo repetitivo era capaz de generar una deflexión negativa N2 que podría ser interpretada como el N2 básico. Si otro estímulo (llamado generalmente "desviado") era presentado ocasionalmente en una cadena de estímulos repetitivos, entonces se observaría una amplitud mayor en la latencia de N2. Si estos estímulos desviados eran tonos irrelevantes, este efecto consistiría de una "disparidad negativa" (MMN: *Mismatch Negativity*). Si los estímulos desviados son relevantes para la tarea, entonces generarán un efecto N2, llamado N2b, (ya que la *Mismatch Negativity* generalmente es llamada N2a) Este componente presenta mayor amplitud ante objetivos menos frecuentes y se toma como signo del proceso de categorización de estímulos. Tanto los estímulos desviados auditivos como los visuales generan un componente N2b si son relevantes para la tarea. Este efecto suele ser de mayor amplitud sobre zonas centrales para los estímulos auditivos y sobre zonas posteriores para los estímulos visuales. (Simson, Vaughan, & Ritter, 1977, citados en Luck, 2005). La literatura aún no ha establecido si los componentes N2b visuales y auditivos representan funciones de procesamiento neuronal homologas.

De acuerdo con Luck (2005), en el dominio visual los estímulos desviados deben ser generalmente estudiados a nivel espacial, antes que temporal. De tal manera que resulta más provechoso comparar el ERP generado por una presentación simultánea de los mismos ítems con una onda ERP generada por una presentación simultánea de muchos ítems idénticos más uno que sea desviado, en lugar de examinar la respuesta a un ítem desviado presentado en una secuencia temporal de ítems homogéneos. Con base en tal comparación se pueden distinguir tres componentes N2 (Luck & Hillyard, 1994, citados en Luck, 2005). El primero es una respuesta anterior, bilateral, que se presenta aun si el ítem desviado no es un objetivo. Esta respuesta la siguen los subcomponentes N2 posteriores, que están presentes solo si el ítem desviado es un objetivo (target) (o a primera vista se parece al objetivo) uno de estos subcomponentes es el N2b estándar, bilateral y sensible a la probabilidad. El segundo es N2pc, componente que se aprecia en una ubicación posterior contralateral a la del objetivo. El componente N2pc no es sensible a la probabilidad y refleja el enfoque sobre la atención espacial en la ubicación del objetivo. Este

componente contralateral también se observa durante tareas de memoria de trabajo visual, pero tiene una distribución más parietal y probablemente refleja algún aspecto de la memoria de trabajo (Vogel & Machiwaza, 2004, citados en Luck, 2005).

N200 es un componente negativo que ocurre 200 ms después de la aparición del estímulo y está caracterizado por una distribución frontal central (Oades et al., 1997., citado en Luck, 2005). Representa una respuesta endógena, aunque también ha sido tomado como exógeno y relacionado con los estímulos. (Luck, 2005)

En investigaciones realizadas usando estímulos de patrón inverso (el sujeto solo debe fijarse en el estímulo, pero no responder) este componente ha aparecido en lugares occipitales cerca de los 190-440 ms, en los sitios centrales a los 215-260 ms y en sitios frontales aproximadamente a los 205-390 ms (Henninghausen et al, 1994, citados en Shaul, 2008). Varias investigaciones sobre N200 auditivos indican que el componente hace pico en áreas frontales-centrales en el electrodo Fz usando paradigmas *oddball* de dos tonos (Enoki, Sanada, Yoshinaga, Oka, & Ohtahara, 1993; Johnstone, Barry, Anderson, & Coyle, 1996, citados en Shaul, 2008)

Más estudios realizados con N200 auditivo usando tareas *oddball* de tres tonos determinaron que las amplitudes y las latencias de N200 tendieron a disminuir con la edad y exhibir predominancia en el hemisferio derecho, en los participantes que tenían más de 14 años.

El pico frontal máximo aparece para el procesamiento de estímulos no objetivos en todas las edades, pero este solo se vuelve marcado para el procesamiento de objetivos cerca de los 17 años. (Shaul, 2008)

En tareas visuales (Nobre & McCarrthy, 1995, citados en Shaul, 2008) observaron rasgos de ERP a los 288 ms asociados con estímulos legales ortográficamente (incluyendo pseudopalabras) con predominancia en el mastoideo izquierdo y en la zona occipital de la línea media. Sugirieron entonces, que el predominio occipital de la línea media reflejaría la activación del área visual en respuesta a la forma de palabra, esto dio lugar para que sugirieran que este componente estaba relacionado con la búsqueda o acceso léxico a las palabras función.

N200 se ha asociado con atención sostenida, clasificación y discriminación de los estímulos. (Näätänen & Picton, 1986; Ritter, Simson, Vaughan, & Macht, 1982; Vaughan & Kurtzberg, 1992, citados en Luck, 2005), pero puede ser generada en situaciones que no exigen atención (Picton, 1995, citado en Shaul, 2008) Su amplitud aumenta con la dificultad de la tarea y en respuesta a estímulos desviados. Sus latencias son más cortas durante tareas que impliquen atención sostenida, que durante aquellas que requieran de la dividida, y también son más cortas tras la presentación de estímulos desviados, en comparación con estímulos estándar (Oades et al., 1995; Oades et al., 1997, citado en Shaul, 2008). Se ha identificado a la N200 como el primer índice de detección del objetivo (Potts et al., 1998, citado en Shaul, 2008). En investigaciones realizadas con paradigmas de palabra se ha indicado que es generada por estímulos físicamente inesperados.

La investigación reportada por (Wijers, Lange, Mulder, & Mulder, 1997, citados en Shaul, 2008). Sobre atención espacial visual y detección de letras sugiere que el N200 puede reflejar un proceso temprano, parcialmente automático, de correspondencia con una plantilla (comparación entre el estímulo presentado y una representación mental del estímulo anterior).

Se ha encontrado que aparece en el área de la forma visual de las palabras del hemisferio izquierdo, alrededor de los 285 ms después de la presentación de palabras (y no de pseudopalabras) en lectores hábiles. Esto apoya la noción de que el área de la forma visual de las palabras, las discrimina con base en su familiaridad, especialmente, de la familiaridad de la forma de las letras. (Proverbio & Zani, 2006, citados en Shaul, 2008).

El componente N200 se encontró también ante la presentación de una oración con una violación a la categoría de palabra (cambio en el orden de las palabras) de modo que aparece probablemente, cuando el lector realiza un proceso de diagnóstico sintáctico muy rápido de tal manera que el error que posee el estímulo genera el componente principalmente en las áreas anteriores. (Lau, et al., 2006, citados en Shaul, 2008).

Los escasos estudios en dislexia que han reportado la presencia de N200 indican que sus latencias pueden ocurrir más tardíamente en los disléxicos que en los lectores normales. Sin embargo, no encontraron diferencias en la amplitud de N200, para estímulos visuales o auditivos.

En respuesta a estímulos auditivos, Fawcett et al. (1993) encontraron N200 con latencias mayores en lectores disléxicos en respuesta tonos objetivo en un paradigma *oddball*.

En un estudio de Taylor y Keenan (1990) (citado en Shaul, 2008) se encontraron latencias tardías entre disléxicos con dificultades en procesamiento visual en respuesta a estímulos lingüísticos (letras, palabras y no palabras) y estímulos no lingüísticos (símbolos).

En otro estudio, usando el paradigma de reconocimiento visual, Neville, Coffey, Holcomb y Tallal (1993, citados en Shaul, 2008) reportaron latencias de N200 atenuadas entre lectores disléxicos que presentaban trastorno de lenguaje.

Por su parte, Taylor y Keenan (1999) estudiaron niños con déficits de procesamiento auditivo y niños control durante tres tareas de detección de objetivos visuales: una ortográfica, otra fonológica y otra semántica. Obtuvieron latencias de N200 mayores en la tarea semántica en los disléxicos comparadas con las de los niños normales.

El componente P300

Este componente es una onda positiva, prominente y endógena (Shaul, 2008) con una distribución centro-parietal máxima sobre la línea media del cuero cabelludo, un rango de latencia entre los 260 y 600 ms, y una amplitud entre los 10 y 20 mV (Vandoolaeghe, 1998). Tiene su pico a los 300 ms o más después de la aparición de un estímulo extraño relevante en una tarea.

Esta onda es provocada generalmente con el paradigma *oddball*, en el que se presenta una secuencia aleatoria de estímulos. La tarea del participante consiste en clasificar los estímulos en una de dos categorías. Los estímulos que ocurren infrecuentemente ("*oddballs*"), provocarán un P300. (Duncan et al., 2009), por lo tanto, esta onda se hace presente en tareas que necesitan una discriminación activa (B. R. Dunn, D. A. Dunn, Languis, & Andrews, 1998; Wilson, Swain, & Ullsperger, 1998). La latencia refleja la decisión del sujeto sobre la importancia del estímulo, mientras que la amplitud está vinculada con variables psicológicas como expectativa, atención, y significado del estímulo (Charles & Hansenne, 1992). De esta manera, P300 aparece como un índice de procesamiento de información central durante tareas relacionadas con la toma de decisiones (Palmer, Nasman, & Wilson, 1994), la evaluación de estímulos y la categorización

(Polich, 1987; Polich & Heine, 1996). También se ha relacionado con la actualización dinámica de la información almacenada en la memoria de trabajo (Donchin & Israel, 1980; Fitzgerald & Picton, 1983; Cohen & Polich, 1997; Polich & Heine, 1996), con la distribución de los recursos cognitivos (Kramer, Strayer, & Buckley, 1991) y con el esfuerzo mental o la carga de trabajo que lleva a cabo una tarea (Humphrey & Kramer, 1994; Wilson, et al., 1998). Si el participante ignora los estímulos, o no les dirige su atención, no se obtendrá un P300 (e.g., Hillyard, Hink, Schwent, & Picton, 1973; Duncan-Johnson & Donchin, 1977; Johnson & Donchin, 1978).

- Variables que afectan la latencia de P300

La latencia de P300 se ve afectada por el grado de complejidad en la evaluación del estímulo y en la categorización del mismo (e.g., Kutas, McCarthy, & Donchin, 1977; N.K. Squires, Donchin, K.C. Squires, & Grossberg, 1977; Duncan-Johnson, 1981; Duncan-Johnson & Donchin, 1982), (e.g. dos tonos que difieren sólo por pocos Hz, estimulan componentes P300 con latencia más larga, (Duncan et al., 2009); la latencia de P300 es más corta en respuesta a estímulos auditivos que visuales, (Polich & Heine, 1996), pero no debido a variables que afectan la selección y ejecución de la respuesta. En este orden de ideas, Duncan et al. (2009) sostiene que la latencia de P300 puede usarse para descomponer la varianza del tiempo de reacción en dos porciones: la porción relacionada con la evaluación del estímulo y la porción relacionada con la producción de la respuesta (Duncan-Johnson & Kopell, 1981; Verleger, 1997; Spencer, Vila Abad, & Donchin, 2000).

- Variables que afectan la amplitud de P300

La amplitud de P300 se ve afectada por variables perceptuales y atencionales y no por rasgos físicos de los estímulos o factores que incidan en la producción de la respuesta. Es así como se ve influenciada por la relevancia de la tarea y la probabilidad o expectativa del estímulo provocado (el participante la genera de acuerdo con la secuencia de estímulos que preceden al estímulo provocado); las características del estímulo (objetivo vs. no objetivo: los estímulos objetivo, generan P300s con mayor amplitud que los no objetivo aun cuando son iguales en probabilidad) (Duncan-Johnson & Donchin, 1977); el intervalo entre estímulos (ISI) (los P300 obtenidos con ISIs más cortos tienen menores amplitudes que aquellos obtenidos con ISIs más largos, Picton & Stuss, 1980; Woods & Courchesne, 1986); la saliencia o el valor de recompensa afectiva o significancia del estímulo provocado (Keil, Bradley, Hauk, Rockstroh, Elbert, & Lang, 2002; Yeung & Sanfey, 2004).

- Subcomponentes de P300

En la literatura se ha hecho una distinción entre dos componentes de P300, estos son P300a (P3a) y P300b (P3b), puesto que tienen diferentes generadores cerebrales y diferentes correlatos fisiológicos (Cycowicz, Friedman, & Rothstein, 1996).

El subcomponente P300a

P300a parece ser generado por un evento extraño, no relevante en la tarea. Tiene una latencia de pico corta de 250-300 ms y una distribución en el cuero cabelludo, con un máximo fronto-central

de la línea media. (Squires et al., 1975). Se habitúa rápidamente (Comerchero & Polich, 1999; Dunn et al., 1998; Knight, 1996; N.K. Squires, K.C.Squires, & Hillyard, 1975).

Este componente es evocado por estímulos nuevos y por lo tanto, se cree que está asociada con un cambio pasivo de atención o de la respuesta orientadora (Comerchero & Polich, 1999; Cykowicz et al., 1996; Halgren et al., 1995; Halgren, Marinkovic, & Chauvel, 1998) hacia estímulos nuevos infrecuentes o salientes infrecuentes y es generado por una red de regiones cerebrales en los lóbulos frontales (Friedman, Simpson & Hamberger, 1993; Friedman & Simpson, 1994; Knight, 1996) y en la corteza temporo parietal. (Vandoolaeghe, 1998;)

El subcomponente P300b

P300b indica el procesamiento controlado o consciente de un evento (la finalización de la evaluación del estímulo) (Cykowicz et al., 1996; Hoffman, 1990), por lo tanto, sólo se produce ante la atención del participante, cuando este ha procesado suficientemente el estímulo como para percibirlo y dar una respuesta en torno al mismo. Su latencia (entre los 280-350 ms en P300 visual, Shaul, 2008) ocurre cerca de la misma latencia a la que ocurre la especificación de la respuesta del sujeto, (Halgren et al., 1998). En este orden de ideas, Cykowicz, Friedman y Rothstein (1996) sugieren que el P300b podría ser la manifestación de una respuesta de categorización (Shaul, 2008).

▪ Generadores cerebrales de P300

Parece haber unos focos principales de tejido cerebral, generadores y moduladores de P300 en el hipocampo, el surco superior temporal, la corteza prefrontal ventrolateral, el surco intraparietal (Kiss, Dashieff, & Lordeon, 1989; Smith, Halgren, Sokolik, Baudena, Musolino, Liegeois-Chauvel, et al., 1990; Halgren et al., 1995, 1998) y el locus coeruleus. La corteza de asociación en la unión temporal-parietal se encargaría solamente de generar, más no de modular P300 (Knight, Scabini, Woods, & Clayworth, 1989). Las lesiones en la región temporal-parietal se han reportado como asociadas a P300 reducidos frente a estímulos raros, relevantes a una tarea (Knight et al., 1989; Yamaguchi & Knight, 1991, 1992; Verleger, Heide, Butt, & Kömpf, 1994) P300 puede ser registrada en múltiples regiones cerebrales, incluyendo el hipocampo, la amígdala y el tálamo, sin embargo, con excepción de estas estructuras dentro de la unión temporo-parietal, las lesiones en estas áreas no alteran la onda (Stapleton, Halgren, & Moreno, 1987; Johnson, 1988a; Johnson, 1988b, Polich & Squire, 1993) pues la evidencia sugiere que siempre que parte de este sistema cerebral subcortical y cortical complejo permanezca intacto, existirá la capacidad para generar P300 (Halgren et al., 1980; Johnson, 1988a; Johnson, 1988b, McCarthy, Wood, Williamson, & Spencer, 1989; Nieuwenhuis, Aston-Jones, & Cohen, 2005)

▪ Factores biológicos que afectan P300

Duncan et al., (2009) sostienen que la amplitud y la latencia de P300 pueden verse afectadas por factores biológicos como el ciclo circadiano, y otros ciclos estacionales (Deldin, Duncan, & Miller, 1994), ejercicio y fatiga (Yagi, Coburn, Estes, & Arruda, 1999), drogas comúnmente usadas, edad, CI, preferencia manual, y sexo así como algunas variables de la personalidad (Polich & Kok, 1995). Otros factores biológicos relacionados con la capacidad atencional también deben ser considerados (Kujala & Näätänen, 2003; Näätänen, 1995; Orlebeke, Kok, & Zeilemaker, 1989;

Pelosi, Holly, Slade, Hayward, Barrett, & Blumhardt, 1992a; Pelosi, Holly, Slade, Hayward, Barrett, & Blumhardt, 1992b; Colet, Piera, & Pueyo, 1993; Stelmack & Houlihan, 1994).

- Contribuciones genéticas a P300

Algunos estudios realizados han encontrado que entre pares de monocigotos, comparados con gemelos dicigóticos o controles no relacionados, las características de P300 son muy similares (Polich & Burns, 1987; O'Connor, Morzorati, Christian, & Li, 1994; Katsanis, Iacono, McGue, & Carlson, 1997), por ejemplo, los meta análisis realizados en estudios de gemelos (Van Beijsterveldt y Van Baal, 2002) estimaron la heredabilidad de la amplitud de P300 en un 60% y un estudio reciente encontró un porcentaje aún más alto, de 69% (Hall, Schulze, Rijdsdijk, Picchioni, Ettinger, & Bramon, et al., 2006).

- Usos principales de P300

P300 ha sido estudiada para contribuir a la descripción de la cognición normal y sus trastornos en la infancia, así como para realizar una predicción de la emergencia del trastorno en individuos de grupos vulnerables. En este último caso, las investigaciones se enfocan hacia la propuesta de intervenciones que ayuden a disminuir la severidad de los trastornos infantiles.

El componente P500

Sobre este componente en especial no se ha reportado mucha investigación, pero se ha visto asociado en general al análisis fonológico, aunque también se ha encontrado relacionado con el procesamiento de estímulos visuales.

Ackerman, Dykman y Ogelsby (1994) llevaron a cabo un estudio de potenciales evocados usando una tarea de decisión de rima. Encontraron un pico positivo muy tardío a los 500 ms (P500) que seguía a un pico negativo atenuado que se había presentado a los 450 ms (N450). Esta latencia tardía del primer pico mencionado se sugirió como un procesamiento cognitivo visual no automático de la rima en los participantes con dislexia.

Shulte-Körne, Bartling, Deimel y Remschmidt, (2004) obtuvieron potenciales evocados de niños disléxicos y controles en torno a estímulos con movimiento incoherente y coherente, en los cuales, el 10, 20 o 30% de los puntos se movieron de forma coherente. Se apreciaron diferencias en el componente positivo P500 para la condición de movimiento coherente, en donde se presentó una menor amplitud en los electrodos posteriores en el grupo de disléxicos, comparado con el grupo control.

Sheuerpflug et al. (2004) tomaron la medida de P500 en el campo de poder global (Global Field Power) para puntos en movimientos y no encontraron diferencias entre el grupo de disléxicos y el grupo control.

5.16 Estudios de P300 visuales y auditivos en sujetos sanos y en sujetos con dislexia

Gran cantidad de investigadores han reportado amplitudes más pequeñas y latencias más largas en respuesta a estímulos auditivos y visuales tanto lingüísticos, como no lingüísticos, en el estudio del componente P300 con sujetos disléxicos. (Barnea, Lamm, Epstein & Pratt, 1994; Duncan et al., 1994; Erez & Pratt, 1992; Fawcett et al., 1993; Holcomb, Ackerman & Dykman, 1985, 1986; Harter, Anllo-Vento, Wood & Schroeder, 1988; Harter, Deiring, & Wood, 1988; Johannes, Mangun, & Munte, 1994; Taylor & Keenan, 1990; 1999), pero no han hallado diferencias en la coocurrencia de ambos parámetros (latencia y amplitud) en una tarea particular.

5.16.1 Estudios de P300 visuales en sujetos sanos y en sujetos con dislexia

Neville et al. (1993) encontraron que niños con déficit en la lectura, y con dificultades de lenguaje tenían amplitudes de P300 significativamente más pequeñas con respecto a los niños normales, en respuesta a estímulos visuales en tareas de detección de objetivos.

Por otra parte, Holcomb, Ackerman y Dykman (1985), encontraron que aunque los niños con dislexia tuvieron P300 de menor amplitud que los niños normales, esta diferencia de amplitud desapareció en las comparaciones de estímulo objetivo menos estándar. Sin embargo, con respecto a los lectores normales, los disléxicos tuvieron P300 más pequeños para palabras, que para símbolos, así como una latencia más larga y tiempos de reacción mayores.

Duncan et al. (1994), por su parte, hallaron evidencia de reducciones en los P300 visuales entre hombres disléxicos, comparados con hombres normales, de acuerdo con el aumento en la exigencia de la tarea, aunque siguiendo otros análisis se encontró que las diferencias de grupo podían atribuirse a que los lectores disléxicos tuvieron muchos síntomas de TDAH en la infancia.

Johannes et al., (1994) emplearon una tarea de discriminación visual simple, para examinar los P300 visuales entre niños con dislexia y niños normales. En su investigación hallaron que mientras la amplitud de P300 no difirió en los dos grupos, las latencias de P300 fueron más largas entre los lectores disléxicos, pero aparecieron primariamente en el hemisferio izquierdo entre lectores normales.

También se han encontrado diferencias en el procesamiento de estímulos lingüísticos, vs estímulos no lingüísticos. Por ejemplo, los estímulos visuales no lingüísticos (símbolos) generaron P300 de mayor amplitud y de latencias más largas que los estímulos lingüísticos visuales (palabras) en los lectores disléxicos (Barnea et al., 1994; Holcomb et al., 1985) Barnea, Lamm, Epstein y Pratt (1994) compararon ERP's en niños con dislexia y en niños normales en una tarea de memoria a corto plazo para estímulos visuales léxicos (dígitos) y no léxicos (caracteres) y hallaron amplitudes de P300 más pequeñas para los estímulos léxicos entre los disléxicos. Además, la respuesta a la tarea fue más prominente en el lado derecho del cuero cabelludo en los disléxicos, y sobre el lado izquierdo en lectores normales.

5.16.2 Estudios de P300 auditivos en sujetos sanos y en sujetos con dislexia

En estudios de potenciales evocados auditivos, se ha encontrado evidencia de latencias más cortas en P300 en niños con dislexia por medio del uso de estímulos auditivos simples (Holcomb, Ackerman & Dykman, 1986, Lovrich & Stamn, 1983). Otros investigadores hallaron el patrón opuesto, por ejemplo, Fawcett et al, (1993) observaron latencias de P300 más largas, pero no encontraron diferencias en las amplitudes de P300 para tonos objetivo entre adolescentes con dislexia en una tarea con paradigma *oddball*.

Lovrich y Stamn (1983) encontraron P300 auditivos de mayor amplitud en sujetos normales, que en sujetos disléxicos, sin diferencias en los componentes ERP relacionados con la atención o con medidas comportamentales. A partir de este hallazgo, sugirieron que los P300 más pequeños reflejaban el procesamiento menos eficiente de información proveniente de estímulos relevantes a la tarea en los niños con problemas de lectura (Taylor & Keenan, 1990).

Otra investigación que cabe reseñar es la de Erez y Pratt (1992), quienes compararon niños con dislexia y niños control en tareas de detección de estímulos objetivo y hallaron tanto amplitudes más pequeñas de P300, como latencias más largas en respuesta a estímulos verbales (monosílabos sin significado) con respecto a estímulos no verbales (tonos puros).

Breznitz (2003) encontró que los adultos con dislexia exhibieron un componente P300 con amplitud mayor y latencia más corta en una tarea auditiva de juicio de similitud fonológica, en comparación con los lectores normales, pero no encontró diferencias de grupo en una tarea de similitud ortográfica. Los juicios de rima generaron un P300 tardío, pero no diferencias en la amplitud de este componente.

5.17 Estudios de potenciales evocados con estímulos lingüísticos y no lingüísticos, visuales y auditivos en sujetos sanos y en sujetos con dislexia

Breznitz (2002) pretendió investigar si la asincronía en la velocidad de procesamiento (SOP) entre las modalidades visual -ortográfica y auditiva-fonológica era capaz de explicar los déficits de reconocimiento de palabra entre los lectores disléxicos. Manejó en su investigación, entonces, la hipótesis de que los procesos de integración entre modalidades requeridos para un reconocimiento de palabra preciso entre los lectores disléxicos podrían ser deficientes debido a una separación temporal excesiva entre la información visual inicialmente procesada y la información auditiva subsecuentemente procesada.

Para tal fin, evaluaron la SOP con tareas conductuales lingüísticas y no lingüísticas, tanto auditivas como visuales de bajo nivel y tareas ortográficas y fonológicas de alto nivel, en lectores disléxicos de primaria y en lectores normales pareados por edad cronológica. Durante la ejecución de dichas tareas, se tomaron medidas electrofisiológicas con potenciales evocados de la SOP. Posteriormente, la autora comparó los desempeños de ambos grupos y encontró que los disléxicos fueron significativamente más lentos que los controles en la mayoría de las tareas experimentales. Además, revelaron un intervalo de tiempo de la SOP, sistemático entre las modalidades auditiva- fonológica y visual-ortográfica. Este intervalo de tiempo fue encontrado tanto en las latencias de P200 como en las de P300, y explicó la mayoría de la variación en el reconocimiento de palabras; todo esto llevó a la autora a plantear, que la asincronía entre las

tasas de procesamiento de las modalidades auditiva y visual podría ser una causa subyacente de dislexia.

En el año 2003, Breznitz y Meyler continuaron los estudios sobre velocidad de procesamiento (SOP), esta vez, con adultos disléxicos de nivel universitario y lectores normales, en Israel, por medio de tareas *oddball* visuales y auditivas, no lingüísticas y lingüísticas subléxicas, y de una tarea trans-modal no lingüística, todas ellas con un registro electrofisiológico de potenciales evocados. Las investigadoras encontraron que entre ambos grupos, los tiempos de reacción fueron más largos y las latencias de P200 y P300 ocurrieron más tardíamente, en las tareas *oddball* visuales comparadas con las auditivas. Los tiempos de reacción y las latencias de ERP fueron más largas en la tarea trans-modal. Las latencias del tiempo de reacción y de los ERP fueron más tardías entre los disléxicos, en comparación con los lectores normales, entre tareas. En las tareas *oddball*, se observaron diferencias entre los dos grupos, en cuanto a la actividad cerebral, sólo cuando se respondía a objetivos de baja probabilidad. Estas diferencias fueron más grandes para el componente P300 y más pronunciadas en el caso de los fonemas. El intervalo de tiempo entre las latencias ERP en la modalidad visual, en comparación con la modalidad auditiva para cada componente fue más grande entre los disléxicos, comparado con los lectores normales y fue particularmente evidente en el nivel lingüístico. Esto condujo a las investigadoras a hipotetizar sobre un déficit amodal básico de la SOP entre los lectores disléxicos, basado en la asincronía entre el sistema visual y el sistema auditivo y subyacente a las dificultades en las habilidades de lectura.

Breznitz y Misra, (2003), aplicaron un estudio muy similar al del 2002, realizado solo por Breznitz, pero esta vez, lo hicieron con adultos, estudiantes universitarios disléxicos y normales, en Israel, pareados por edad. Intentaron comprobar si la asincronía en la velocidad de procesamiento SOP entre las modalidades visual-ortográfica y auditiva-fonológica contribuía a los déficits de reconocimiento de palabra entre los adultos disléxicos. En el estudio se evaluó el procesamiento auditivo y visual no lingüístico (tonos y formas) y lingüístico (fonemas y grafemas) con estímulos de bajo nivel, así como el procesamiento ortográfico y fonológico de alto nivel (en una tarea de decisión léxica). Se registraron simultáneamente potenciales evocados y tiempos de reacción.

Encontraron que los lectores adultos disléxicos habían tenido tiempos de reacción más lentos y latencias de P300 más largas, que los lectores control en la mayoría de las tareas. También hallaron latencias P200 más tardías para la tarea de decisión léxica. Pero lo que realmente cabe resaltar de esta investigación, es que los disléxicos adultos presentaron un intervalo de tiempo sistemático en la SOP en la latencia P300, entre las medidas de procesamiento auditivo-fonológico y visual-ortográfico. Tal hallazgo apoya los resultados del estudio del 2002, respecto a la asincronía de la SOP como un factor subyacente a la dislexia.

Breznitz (2003) posteriormente, investigó la hipótesis de la velocidad de procesamiento en los sistemas fonológicos y ortográficos como una de las variables subyacentes a la efectividad de la lectura de palabras. Evaluó la velocidad de procesamiento usando como medidas el tiempo de reacción y las latencias electrofisiológicas de ERP durante el desempeño de la tarea fonológica y ortográfica. Los participantes fueron 20 disléxicos y 20 lectores normales, estudiantes de universidad, de sexo masculino. Tras la aplicación de las tareas, encontraron el complejo N1-P2-N2, así como los componentes P3 y P4 en ambos grupos en cada una de las tareas experimentales.

Hallaron una velocidad de procesamiento durante las tareas de juicio fonológico significativamente prolongada entre los lectores disléxicos en comparación con los controles, siguiendo las latencias de P2, P3, N4 en tareas fonológicas comparadas con las de tareas ortográficas en disléxicos y en lectores normales. Lo anterior indica que la clasificación fonológica de las palabras puede requerir más tiempo que la clasificación ortográfica. Sin embargo el intervalo de tiempo entre la velocidad de procesamiento de las tareas fonológica y ortográfica fue más grande entre los lectores disléxicos y fue principalmente observado en la latencia de P3 y el tiempo de reacción. Todos estos hallazgos conducen a Breznitz a proponer que el procesamiento fonológico lento puede causar asincronía entre la velocidad de procesamiento dentro y entre los sistemas fonológico y ortográfico y conlleva una falta de integración eficiente entre los diferentes subprocesos activados en la lectura, de modo que disminuye la tasa de lectura y dificulta la efectividad en la lectura de las palabras.

Miller-Shaul y Breznitz (2004) encontraron un retraso en la latencia P300 entre los adultos disléxicos y niños con dislexia en una tarea de decisión léxica mientras que procesaban palabras y pseudopalabras. A medida que su edad aumentaba, la discrepancia entre los lectores disléxicos y los lectores normales fue mantenida o se incrementó. Estos resultados apoyan la noción de que el fenómeno de la dislexia está caracterizado por un reconocimiento de palabras impreciso y lento.

En un estudio posterior, Meyler y Breznitz (2005) investigaron el procesamiento de representaciones fonológicas y ortográficas de palabras, en 17 disléxicos y 16 lectores normales de nivel universitario por medio de potenciales evocados. Los investigadores se propusieron indagar sobre los componentes ERP durante el procesamiento del patrón fonológico y ortográfico entre los lectores disléxicos adultos y determinar la extensión a la cual una velocidad de procesamiento más lenta en diferentes etapas de la secuencia cognitiva, caracterizaba esta población. Encontraron como resultado, P200 y P300 con menor amplitud y latencia más tardía entre los lectores disléxicos que entre los lectores normales para ambos tipos de representaciones, aunque las diferencias halladas resultaron mayores para las representaciones fonológicas. Observaron también intervalos de tiempo mayores entre los lectores disléxicos que entre los lectores normales entre diferentes etapas de procesamiento. (i.e. entre los picos de P200 y P300 y entre P300 y el tiempo de reacción). Con estos datos, Meyler y Breznitz apoyaron una vez más la existencia de un déficit en la velocidad de procesamiento entre los lectores disléxicos que es evidente dentro y entre las etapas de procesamiento cognitivo, y está relacionado con un déficit en la codificación de los estímulos y en la memoria de trabajo.

5.18 Estudios de reconocimiento de palabra con potenciales evocados de larga latencia

González-Garrido, Gómez-Velázquez, Zarabozo, Ruiz-Villeda y de la Serna Tuya (2011) estudiaron la Denominación Rápida Automatizada (RAN por su abreviatura en inglés) en dos grupos de niños de 7 años, uno con denominación promedio y otro con denominación lenta establecida tras la aplicación de tests conductuales de dominación con estímulos como dibujos, letras, números, colores. Posteriormente, a los participantes se les hizo registro electrofisiológico simultáneo durante una tarea de decisión léxica. Encontraron que el grupo con denominación lenta presentó grandes dificultades de lectura comparado con el grupo con denominación promedio. Así mismo tuvo un número más bajo de respuestas correctas y unos tiempos de reacción mayores en la

tarea de decisión léxica. Observaron principalmente dos componentes N320 con distribución parietal que los interpretaron como análogos a N170/N200 y un componente similar a P3 (P500) que presentó mayor amplitud ante las pseudopalabras. Correlacionaron el mejor desempeño en comprensión de lectura con latencias menores para N320 y amplitudes más bajas para las palabras con las velocidades rápidas de lectura. Este estudio concluyó que la velocidad de denominación y los ERP permitían distinguir capacidades de recuperación de código ortográfico almacenadas a través de una tarea de decisión léxica.

González-Garrido, Gómez-Velázquez y Rodríguez-Santillán (2014) estudiaron el reconocimiento ortográfico en adolescentes a través de los potenciales evocados, para lo cual dividieron una muestra de 45 niños en tres grupos de acuerdo con su desempeño tras la aplicación de cinco pruebas de una batería de conocimiento ortográfico. Fue así como determinaron un grupo con desempeño alto, otro medio y otro bajo. Posteriormente, aplicaron una tarea de reconocimiento ortográfico a los participantes, con registro electroencefalográfico simultáneo que consistía en la presentación secuencial de una imagen (objeto, fruta, animal) seguida por una palabra escrita correcta o incorrectamente (una incongruencia ortográfica) que denominaba la imagen presentada antes. Encontraron que el grupo con bajo desempeño en la batería de conocimiento ortográfico tuvo menor cantidad de respuestas correctas y tiempos de reacción mayores cuando procesaron errores ortográficos, así mismo hallaron correlación entre un desempeño alto en la tarea de juicio ortográfico y mayor precisión y velocidad en la lectura. Hallaron los componentes P150 y P450 con mayores amplituds en el grupo con desempeño alto cuando procesaban errores ortográficos y N170 se encontró menos lateralizado hacia la izquierda para el grupo con bajo desempeño. Se concluyó que el conocimiento ortográfico se correlacionaba con el desempeño en lectura.

Gómez-Velázquez, González-Garrido y Vega-Gutiérrez (2013) realizaron un estudio sobre denominación y reconocimiento ortográfico en 28 niños de segundo grado seleccionados a partir de un estudio de tamizaje y divididos en dos grupos de acuerdo con su desempeño en una batería de denominación rápida. Estos grupos fueron: denominación lenta y denominación promedio. Los participantes, pareados por sexo, edad y grado escolar debieron realizar una tarea en la que se les presentaba una imagen, seguida por la presentación de una palabra congruente o incongruente con esta, semántica u ortográficamente, de manera que debían juzgar la relación entre los dos estímulos. Encontraron diferencias entre los grupos en el número de respuestas correctas para la condición de violación ortográfica. Así mismo, encontraron una secuencia de componentes P-N-P-N en donde hubo picos a los 50, a los 170, a los 220 y a los 380 ms. Luego apareció un componente positivo que se dividió en dos componentes en las regiones parietales y alcanzó su pico máximo a los 480 y a los 640 ms. Tanto N380 como este último componente (N480 y N640) presentaron mayores amplitudes en las condiciones incongruentes. Los resultados evidenciaron una relación entre las dificultades en la denominación lenta y las asociaciones fuertes entre la forma fonológica y ortográfica de las palabras.

Bentin, Mouchetant-Rostaing, Giard, Echallier y Pernier (1999) estudiaron los ERP's del procesamiento de palabras en diferentes niveles psicolingüísticos, considerando el curso del tiempo y la distribución en el cuero cabelludo. Registraron los ERP's durante la presentación de listas de palabras. Se manipularon los estímulos objetivo y no objetivo para inducir niveles distintos de procesamiento (visual, fonológico/fonético, fonológico/ léxico, semántico) y de acuerdo con esto aplicaron cuatro tareas:

En la tarea visual se presentaron palabras, pseudopalabras, cadenas de consonantes, cadenas de símbolos alfanuméricos y cadenas de formas y se evidenció un pico negativo a los 170 ms (N170), con distribución occipital-temporal. Este componente tuvo mayor amplitud en los electrodos del hemisferio izquierdo, para los estímulos ortográficos en comparación con los no ortográficos.

En la tarea de decisión fonética/fonológica, los objetivos fueron palabras y pseudopalabras que rimaban con la palabra *vitrail* mientras que los no objetivos fueron estímulos que no hacían rima con esta palabra. Encontraron un pico negativo a los 320 ms (N320) generado de manera similar por estímulos pronunciables pero no por estímulos no pronunciables, distribuido bilateralmente en el lóbulo temporal y predominante en el hemisferio izquierdo.

En la tarea de procesamiento léxico/fonológico se compararon los ERP's generados por cadenas de consonantes, pseudopalabras y palabras y se encontró un pico negativo a los 350 ms (N350) generado por estímulos fonológicamente legales, pero no por los ilegales. Este componente estuvo presente en áreas temporo-parietales

En la tarea semántica los objetivos fueron palabras abstractas, y los no objetivos fueron palabras concretas, pseudopalabras y cadenas de consonantes. Encontraron un pico negativo a los 450 ms. (N450) este pico negativo distinguió no solamente entre palabras legales e ilegales fonológicamente sino entre estructurales legales fonológicamente significativas (palabras) o no significativas (no palabras), se activaron principalmente las mismas áreas de la tarea de decisión léxica pero además áreas fronto-centrales.

Los hallazgos de este estudio apoyan un procesamiento en cascada en el que se interconectan diferentes módulos neuronales responsables por diferentes niveles de procesamiento de la información.

6. Metodología

6.1 Tipo de muestreo

Se realizó muestreo por conveniencia considerando la gran dificultad para encontrar pacientes con diagnóstico establecido de Trastorno Específico de la Lectura en instituciones de salud y educativas y teniendo en cuenta que era factible que no todos los padres dieran su consentimiento para la participación de los niños en el estudio. Adicionalmente, es un muestreo menos costoso que otros y es fácil de administrar (McMillan & Schumacher, 2001).

6.2 Población

En total, 63 niños ingresaron al estudio de manera voluntaria luego de la obtención del consentimiento informado por parte de los padres y del asentimiento informado por parte de los menores. La población incluyó niños y niñas cuyas edades, al vincularse al estudio, oscilaron entre 6 años 5 meses y los 12 años 4 meses, su escolaridad correspondió a grado 1° a 6° y su estrato varió entre el 2 y el 6.

Todos los niños fueron evaluados por psicólogos, especialistas en evaluación y diagnóstico neuropsicológico, cursando maestría en neuropsicología clínica.

De la población de 63 niños, 38 fueron evaluados por sospecha de dislexia, con valoración realizada o tratamiento en curso: 8 provenientes de la Liga Central Contra La Epilepsia (21,05%) 6 fueron provenientes del Centro de Desarrollo Humano Integral (CEDHI) (15,78%), 10 fueron provenientes de la consulta privada del director de la tesis, Dr. Álvaro Izquierdo Bello (26,31%), 13 del IED Carlo Federicci³ (34,21 %) y uno por medio de un contacto particular (2,63%).

De la población de 63 niños, 25 fueron evaluados con el propósito de participar como controles de la investigación: 11 provinieron del IED Carlo Federicci (44 %) y 8 del Instituto Comercial Loreto (32 %). 5 (20 %) correspondieron a los hijos de los docentes del Colegio San Bartolomé La Merced, institución educativa que solo permitió trabajar con este tipo de estudiantes, mas no con la totalidad del alumnado, tras autorización de los profesores⁴. Otro control (4 %) fue contactado de manera particular para participar en el estudio y procedió del Liceo Santa Catalina de Siena.

³ Con sospecha de dislexia, tras intervención realizada con programa de conciencia fonológica grupal, implementado por pasantes de fonoaudiología de la Universidad Nacional de Colombia (13,3%).

⁴ Uno de los participantes de este grupo a pesar de ser hijo de un educadora de tal institución era estudiante del colegio Santa Mariana de Jesús

De los 63 niños evaluados 25 fueron excluidos y 8 se retiraron de la investigación. Finalmente, se definió la muestra (n= 30= 100%) con un grupo de 15 (50%) participantes con diagnóstico establecido de dislexia y 15 participantes (50%) en calidad de controles que estuvieron pareados por edad, sexo, grado y estrato.

6.3 Criterios de selección

Grupo de casos

Criterios de inclusión: 1) Escolaridad entre grado 1° y grado 6° 2) visión y audición normales o corregidas, 3) Ingreso voluntario al estudio previa autorización de padre de familia mediante consentimiento informado 4) Diagnóstico de Trastorno de la lectura o dislexia (315.0, DSM-IV).

Criterios de exclusión: 1) preferencia manual zurda 2) CI <85 de acuerdo con WISC IV, Déficits de tipo sensorial (auditivo, visual), o de tipo neurológico, lesiones cerebrales, trastorno generalizado del desarrollo, 3) medicación que afecte el Sistema Nervioso Central, 4) educación no formal, o desescolarización, 5) escolaridad inferior al 1° grado o superior al 7° grado.

Grupo de controles

Criterios de inclusión: 1) Escolaridad entre grado 1° y grado 6° 2) visión y audición normales o corregidas 3) Ingreso voluntario al estudio previa autorización de padre de familia mediante consentimiento informado 4) Rendimiento académico dentro del promedio normal (>70 %) de acuerdo con reporte académico del año 2014.

Criterios de exclusión: 1) preferencia manual zurda, 2) Déficits de tipo sensorial (auditivo, visual), de tipo neurológico, lesiones cerebrales o trastorno generalizado del desarrollo, 3) medicación que afecte el Sistema Nervioso Central, 4) educación no formal, o desescolarización, 5) escolaridad superior al 7° grado, 6) Diagnóstico de Trastorno de la lectura o dislexia (315.0, DSM-IV), 7) dificultades comportamentales reportadas en el cuestionario de la Evaluación Neuropsicológica Infantil por los padres.

6.4 Participantes

La tabla 1 expone las características sociodemográficas y procedencia de los participantes de la muestra al momento de ingresar al estudio:

Tabla 1. *Características sociodemográficas de los participantes*

	Casos		Controles	
	n	%	n	%
Sexo				
Femenino	3	20%	3	20%
Masculino	12	80%	12	80%
Edad				
6	0	0%	0	0%

7	3	20%	2	13%
8	2	13%	4	27%
9	4	27%	1	7%
10	4	27%	5	33%
11	1	7%	3	20%
12	1	7%	0	0%
<hr/>				
Estrato				
<hr/>				
1	0	0%		0%
2	2	13%	5	33%
3	8	53%	8	53%
4	2	13%	2	13%
5	2	13%		0%
6	1	7%		0%
<hr/>				
Escolaridad				
<hr/>				
Primero	2	13%	0	0%
Segundo	4	27%	2	13%
Tercero	2	13%	5	33%
Cuarto	2	13%	2	13%
Quinto	5	33%	4	27%
Sexto	0	0%	2	13%

Fuente: Elaboración propia basada en los datos obtenidos a partir de los cuestionarios de padres de la Evaluación Neuropsicológica Infantil (ENI)

6.5 Instrumentos de recolección de datos

6.5.1 Evaluación Neuropsicológica Infantil (ENI) (Matute, Rosselli, Ardila & Ostrosky-Solís, 2007)

Esta batería neuropsicológica fue diseñada para niños hispanohablantes para la detección de cambios cognitivos y comportamentales en caso de sospecha de disfunción cerebral. Su rango de aplicación es desde los 5 años 0 meses hasta los 16 años 11 meses. Esta escala fue validada con población colombiana y es la más usada en Latinoamérica.

Permite una evaluación integral de diversas funciones repartidas en 13 dominios neuropsicológicos que están repartidos en tres secciones:

Funciones cognitivas: Consta de 58 subpruebas que se agrupan en las áreas: habilidades construccionales, memoria (codificación y evocación diferida), habilidades perceptuales (percepción táctil, visual y auditiva), lenguaje oral (repetición, expresión, comprensión), lectura (precisión, velocidad, comprensión), escritura (precisión, velocidad), habilidades metalingüísticas, habilidades aritméticas (conteo, manejo numérico y cálculo), habilidades espaciales, formación de

conceptos. Adicionalmente permite la evaluación de la fluidez verbal, fluidez gráfica, flexibilidad mental (categorización de cartas) y planeación y organización (pirámide de México)

Esta batería también tiene una sección para la evaluación de signos neurológicos blandos, un cuestionario para padres (ver Anexo C) y una guía para la realización de la historia clínica (ver Anexo D). Estos últimos dos formatos se implementaron para la evaluación de todos los participantes de la muestra.

El cuadro 2 resume las subpruebas de esta batería que fueron aplicadas en la investigación y los dominios neuropsicológicos a los que pertenecen:

Cuadro 2. Subpruebas aplicadas de la batería de la ENI

Dominio neuropsicológico	Subpruebas
Memoria	Memoria verbal-auditiva (Codificación, recobro espontáneo, recobro por claves, reconocimiento verbal-auditiva)
	Memoria visual (Codificación, recobro espontáneo, recobro por claves, reconocimiento visual)
Atención	Cancelación de letras
Habilidades espaciales	Dibujos desde ángulos diferentes
	Orientación de líneas
Percepción auditiva	Percepción Fonémica
Lenguaje	Repetición de sílabas
	Repetición de palabras
	Repetición de no palabras
	Repetición de oraciones
	Denominación
Habilidades metalingüísticas	Síntesis Fonémica
	Conteo de sonidos
	Deletreo

Lectura

Lectura de sílabas

Lectura de Oraciones ENI

Comprensión de Oraciones ENI

Lectura de un texto en voz alta

Palabras con error en lectura en voz alta (Precisión)

Velocidad de lectura de un texto en voz alta

Lectura de un texto en voz silente

Palabras leídas por minuto en voz alta (Precisión)

Velocidad de lectura de un texto en voz silente

Escritura

Dictado de sílabas

Dictado de palabras

Dictado de no palabras

Dictado de oraciones

Copia de un texto

Palabras con error en la copia de un texto (Precisión)

Velocidad en la copia de un texto

Fuente: Elaboración propia basada en la Evaluación Neuropsicológica Infantil (ENI)

Estas pruebas fueron aplicadas a todos los participantes, tanto posibles casos como posibles controles, tras la obtención del consentimiento informado, registro de historia clínica y diligenciamiento de cuestionario por parte de los padres, en una sola sesión con una duración aproximada de dos horas a dos horas y media. Sin embargo, tomó más tiempo en los participantes con sospecha de dislexia, que en los candidatos al grupo control, especialmente en aquellos niños con dificultades para el seguimiento de instrucciones.

Se realizó la calificación de las subpruebas de acuerdo con el manual de aplicación, de modo que una vez obtenida la puntuación bruta, se transformó a escalar y percentil.

6.5.2. Batería de procesos lectores en primaria (PROLEC-R) Cuetos, Rodríguez, Ruano & Arribas, 2007)

Esta batería es empleada para la evaluación de los procesos que intervienen en la lectura la detección de dificultades en la lectura. Consta de 4 dominios a ser evaluados con sus respectivas subpruebas:

- I. Identificación de las letras
 - Nombre o sonido de las letras
 - Igual-diferente
- II. Procesos Léxicos
 - Lectura de palabras
 - Lectura de pseudopalabras
- III. Procesos gramaticales
 - Estructuras gramaticales
 - Signos de puntuación
- IV. Procesos semánticos
 - Comprensión de oraciones
 - Comprensión de textos
 - Comprensión oral

En la investigación se aplicaron a los dos grupos de participantes, los ítems correspondientes al apartado I y II. En la tarea de nombre o sonido de las letras el niño debe responder ante las letras observadas con su nombre o con su sonido.

En la tarea de "Igual-diferente" el niño debe decidir si los estímulos (palabras y pseudopalabras) son iguales o diferentes, lo cual permite establecer una diferencia entre una lectura de tipo logográfico o una lectura permeada por dificultades atencionales.

La tarea de lectura de palabras está compuesta por 40 palabras con diferente frecuencia y composición silábica.

La tarea de lectura de pseudopalabras contiene 40 pseudopalabras que son similares en estructura a las palabras de la tarea anterior.

Posterior a la aplicación de las pruebas, se obtuvo la puntuación bruta de acuerdo con el número de aciertos obtenidos por los participantes.

6.5.3. Escala de Inteligencia de Weschler para niños IV versión (WISC-IV) (Weschler Intelligence Scale for Children- IV) (Weschler, 2007)

Este instrumento permite la evaluación de la capacidad cognitiva en niños entre los 6 años 0 meses y los 16 años 11 meses. Contiene subpruebas y puntuaciones compuestas que dan a conocer el funcionamiento intelectual en dominios cognitivos específicos y una puntuación compuesta que indica la capacidad intelectual general.

Permite identificar inteligencia sobresaliente, retraso mental y en particular las habilidades y dificultades cognitivas.

Consta de 15 subpruebas repartidas en 4 índices: Comprensión verbal, Razonamiento perceptual, memoria operativa y velocidad de procesamiento (ver cuadro 3).

Se administró en una sola sesión de cuatro horas con un descanso de media hora, o bien en dos sesiones de 2 horas, de acuerdo con la disponibilidad de tiempo por parte del padre de familia y los horarios escolares del participante para asistir a la cita.

Esta prueba se aplicó solamente a los niños con sospecha de dislexia, para permitir la definición del criterio diagnóstico A del DSM-IV en consonancia con los resultados arrojados por las subpruebas de lectura de la ENI y PROLEC, con el fin de detectar discrepancia entre el coeficiente intelectual y el rendimiento en lectura:

“Rendimiento en la lectura: medida por test de lectura y comprensión de lectura, estandarizado aplicado en forma individual; se encuentra por debajo para lo esperado para personas de igual edad cronológica, **inteligencia** y oportunidad apropiada para la educación”⁵

De modo que los niños con sospecha de dislexia, con CI>85 considerados como participantes con inteligencia promedio cumplían este criterio si presentaban rendimiento bajo en lectura de acuerdo con los resultados arrojados por la evaluación específica de las subpruebas de tal área.

Cuadro 3. *Dominios cognitivos de la WISC-IV*

Comprensión verbal	Razonamiento perceptual	Memoria operativa	Velocidad de Procesamiento
Semejanzas	Diseño con cubos	Retención de dígitos	Claves
Vocabulario	Conceptos con dibujos	Sucesión de números y letras	Búsqueda de símbolos
Comprensión	Matrices	Aritmética	Registros
Información	Figuras incompletas		
Palabras en contexto			

Fuente: Tomado de cuadro en Escala Weschler de Inteligencia para niños (WISC-IV) reproducido en *Neuropsicología del desarrollo infantil*, por M. Roselli, E. Matute & A. Ardila, 2013. México: Manual Moderno, p. 123.

⁵ La negrilla es de la autora

6.5.4 Tareas conductuales

Diseño experimental

Con la ayuda del software para experimentos psicológicos E-PRIME se diseñaron cinco tareas conductuales que fueron presentadas a los participantes mientras se obtenía su registro electroencefalográfico simultáneo:

- A. Procesamiento auditivo con estímulos lingüísticos
- B. Decisión léxica
- C. Procesamiento visual con estímulos lingüísticos
- D. Procesamiento auditivo con estímulos no lingüísticos
- E. Procesamiento visual con estímulos no lingüísticos)

Todas las tareas siguieron la especificidad de la frecuencia del paradigma *oddball*, un tipo de tarea para evaluar la atención selectiva en la que se les pide a los participantes que respondan ante algunos estímulos (infrecuentes, relevantes) y que ignoren otros (frecuentes, irrelevantes), con la diferencia de que se les solicitó a los niños siempre responder sin importar cuál fuera el estímulo presentado, teniendo en cuenta que dentro del grupo con dislexia varios de los participantes tenían dificultades atencionales y de esta manera la solicitud de una inhibición ante el estímulo frecuente, probablemente no iba a ser acatada y así mismo, con el fin de estudiar posteriormente si se habían presentado variaciones en los tiempos de reacción ante cada estímulo. De acuerdo con lo anterior, se programó una proporción de 70% de frecuencia de aparición del estímulo frecuente, (en un *oddball* clásico sería el irrelevante o *no target*), versus 30% de frecuencia de aparición del estímulo infrecuente, (en un *oddball* clásico sería el relevante o *target*), con excepción de la tarea de decisión léxica en la que la proporción se mantuvo 50% y 50% dado que la sola complejidad de los estímulos sin diferencia de frecuencia inducía la generación de ondas de larga latencia.

Para las tareas A, C, D, E inicialmente, aparecía en la pantalla del computador una máscara (una cruz de fijación o cuatro asteriscos ****, de acuerdo con la tarea) con una duración de 300 ms, luego un intervalo con duración también de 300 ms (ISI total de 600 ms) y finalmente se presentaba el estímulo con duración de 1200 ms. La tarea B. (decisión léxica), dada la complejidad de sus estímulos, tuvo una máscara y un intervalo con una duración de 100 ms más (400 ms respectivamente, para un ISI total de 800 ms) y la presentación del estímulo duró 400 ms más (1600 ms)

Para las tareas de procesamiento auditivo, los estímulos se presentaron por medio de parlantes ubicados de manera equidistante al participante (formato de sonido de 24 bits, 48000 Hz).

La segmentación entre la presentación de los estímulos y las respuestas de estas tareas fue asimilada mediante línea de código por el software BrainVision Recorder con el cual se realizó el registro electrofisiológico.

Procedimiento general

Las instrucciones de cada tarea fueron leídas en voz alta por la investigadora mientras se les mostraba a los participantes una hoja con una guía gráfica de los estímulos y la tecla que debían oprimir correspondiente a cada uno de ellos. Se les explicó que debían contestar lo más rápido y mejor posible, oprimiendo con los dedos índices de cada mano, dos teclas: una tenía puesto un sticker de color amarillo y estaba asignada al estímulo frecuente, y otra tenía un sticker verde y estaba asignada al estímulo infrecuente. La ubicación de los stickers estuvo contrabalanceada (en ocasiones la tecla f tenía el sticker verde y la tecla j el sticker amarillo y viceversa⁶, con el fin de evitar un sesgo asociado con la lateralización de funciones de los participantes, partiendo de que toda la muestra tenía preferencia manual diestra (ver criterios de exclusión, ver Anexo H).

Posteriormente, se les solicitó a los participantes que repitieran las instrucciones para confirmar su comprensión y de manera aleatorizada, se presentaron en cada tarea 12 ítems de entrenamiento, que no fueron tenidos en cuenta para ningún análisis posterior. Después de esta presentación, se les mostró nuevamente la hoja con la asociación entre los estímulos y las teclas que debían oprimir en respuesta, con el fin de que no tuvieran dudas sobre cómo responder.

Finalmente, se presentaron en la pantalla de un monitor Samsung de 21" (1280 X 800 pí) con una frecuencia de actualización de la pantalla de 60 Hz, a una distancia de 70 cm de la visión del participante, 100 estímulos repartidos de acuerdo con el paradigma mencionado anteriormente, a cada participante (con excepción de la tarea de decisión léxica, en la que, como se mencionó anteriormente, no se empleó dicho paradigma, pero también tuvo esa misma cantidad de estímulos).

La administración de todas las tareas fue individual, tuvo lugar en el Laboratorio de Psicología Experimental de la Universidad El Bosque, con una duración aproximada de 40 minutos, y su orden estuvo contrabalanceado para los participantes de la siguiente manera:

Orden 1:

1. Procesamiento auditivo lingüístico (sílabas /ba/ y /da/)
2. Decisión léxica (palabras y pseudopalabras)
3. Procesamiento visual lingüístico ("p" y "q")
4. Procesamiento auditivo no lingüístico (tonos graves y agudos)
5. Procesamiento visual no lingüístico (imágenes)

Orden 2:

1. Procesamiento visual no lingüístico (imágenes)
2. Procesamiento auditivo no lingüístico (tonos graves y agudos)
3. Procesamiento visual lingüístico ("p" y "q")

⁶ Las teclas f y j se escogieron por su ubicación central en el teclado, desde que se realizó la programación de las tareas en el software E-Prime

4. Decisión léxica (palabras y pseudopalabras)

5. Procesamiento auditivo lingüístico (sílabas /ba/ y /da/)

Al finalizar la aplicación de las tareas, se les entregó a los niños, un estímulo (colombina) por su participación, que sirvió como incentivo previo a la aplicación de las tareas, para generarles motivación.

A continuación se explican con detalle cuáles fueron los estímulos empleados para cada tarea.

Estímulos

Procesamiento visual y auditivo de bajo nivel con estímulos no lingüísticos (basado en Breznitz, 2003, Breznitz & Misra, 2003):

- Procesamiento visual

Se presentaron a los participantes dos estímulos visuales no lingüísticos. Uno de ellos correspondía a una línea vertical unida por el extremo derecho de una línea horizontal, recordando a una L vista en espejo. El otro estímulo era una línea vertical unida al centro de una línea horizontal, similar a una T invertida. (ver Anexo K). El primero de los estímulos descritos tuvo una aparición infrecuente (30% de los ensayos) y el segundo, tuvo una aparición frecuente (70% de los ensayos).

- Procesamiento auditivo

Los estímulos fueron dos tonos auditivos, uno de ellos grave, y el otro agudo. El primer estímulo fue el tono grave que tuvo una frecuencia de 500 Hz (estímulo *target*) y el segundo fue el tono agudo que tuvo una frecuencia de 1000 Hz (estímulo no *target*)

Procesamiento visual y auditivo de bajo nivel con estímulos lingüísticos (basado en Breznitz, 2003, Breznitz & Misra, 2003):

- Procesamiento visual

Se establecieron dos estímulos, correspondientes a dos letras consonantes. Una de ellas tenía aparición infrecuente (30% de los ensayos) la “q” y la otra era frecuente (70% de los ensayos) la “p”.

- Procesamiento auditivo

Los estímulos correspondieron a consonantes oclusivas seguidas por la vocal a. Uno de ellos de aparición infrecuente (30% de los ensayos): la sílaba /da/ y el otro de aparición frecuente (70% de los ensayos): la sílaba /ba/.

Procesamiento fonológico-ortográfico de alto nivel: Tarea de decisión léxica (basado en Breznitz, 1998):

Se presentaron en fuente tipográfica x, minúsculas, tamaño x, color negro, contra fondo blanco, dos series aleatorias de 25 palabras y 25 pseudopalabras a cada participante en una pantalla de computador. Las palabras fueron escogidas del diccionario de frecuencia léxica del laboratorio de neurofisiología clínica de la Universidad de Guadalajara (2009) que fue elaborado a partir de textos de español a nivel de primaria, en México.

Se tuvieron en cuenta los siguientes criterios para su selección con el fin de no introducir efectos no deseados y sesgos en la tarea (ver Anexo G):

Palabras de uso común en la variedad estándar de español de Colombia

Alta frecuencia relativa

Palabras de 4, 5, 6, y 7 letras

Palabras con 2 y 3 sílabas

Nombres referidos a entidades concretas (no abstractos) en número singular

Nombres pertenecientes a tres categorías semánticas (animales, objetos, elementos de la naturaleza)

Sin acento ortográfico (tilde)

Control de vecinos ortográficos

Por su parte, las pseudopalabras fueron construidas mediante el cambio de una vocal cerrada por una abierta, o una abierta por una cerrada, en la primera, segunda o tercera sílaba, conservando la estructura fonotáctica del español.

6.6 Preparación para registro electrofisiológico

Para asegurar una correcta obtención del EEG, se enviaron por correo electrónico o se explicaron mediante comunicación telefónicas unas recomendaciones previas y explicación del procedimiento a los padres de los participantes, estipuladas en el protocolo del Laboratorio de Psicología Experimental de la Universidad El Bosque:

- No consumir sustancias psicoactivas incluidos medicamentos (ansiolíticos, antidepresivos, jarabe para la tos, pastillas para la fiebre) desde el día anterior a la sesión. No consumir café o cigarrillo o alcohol el día de la prueba
- Dormir bien la noche anterior (no trasnochar - ni madrugar demasiado)
- No debes encontrarte fatigado el día de la prueba
- Debes alimentarte bien
- No debes traer aplicada cremas, ni geles faciales.
- No debes tener prisa por realizar la prueba
- Debes tener visión normal o corregida con gafas o lentes
- Debes ser diestro
- Debes lavarte el cabello el día de la prueba, pero sin aplicarte un producto diferente al champú o jabón (acondicionador, laca, gel, crema para peinar) Debes traer el cabello seco
- Debes traer ropa cómoda
- La tarea consta de un registro electroencefalográfico con una duración de aproximadamente dos horas. Se utilizará gel electrolítico, alcohol y algodón para limpiar la piel

- La actividad que realizaremos es colocar electrodos en el cuero cabelludo y observar imágenes en un monitor. La única incomodidad es que quedarás con Gel electrolítico en el cabello el cual será eliminado una vez terminada la sesión

6.7 Protocolo de obtención de registro electrofisiológico

El día del examen, se inicia protocolo de la siguiente forma:

1. Confirmar la medida de la periferia de la cabeza del participante para conocer el tamaño del gorro, que previamente se les había indicado a los padres de los menores, cómo obtener.
2. Limpiar la cara del participante con algodón, gel antibacterial y crema abrasiva *Nu Prep*.
3. Colocar el gorro en la cabeza del participante, para lo cual se debe medir desde el inión hasta al nasión, de dicha medida se toma el 10% y se procede a marcar el punto de referencia en la frente (es importante que el gorro se ajuste a la medida de la cabeza del participante, una forma de comprobarlo es ubicar las orejas dentro de los agujeros destinados a este fin) desde dicha marca se debe colocar el gorro de adelante hacia atrás para lo cual se le pide al participante que sujete con sus dedos índices los dos electrodos iniciales, luego se desplaza el gorro hacia atrás y se sujeta la cajita de electrodos a la ropa del participante con el fin de evitar que se caiga, se sujeta el gorro con el cordón por debajo del mentón del participante, se le pregunta al participante si se siente cómodo, se procede a verificar la conexión de los electrodos, por último se colocan los electrodos que van sujetos a la cara del participante con el fin de poder registrar el parpadeo y luego poder eliminar dicho registro.
4. Conectar los cables de los electrodos de tierra y referencia en el lugar correspondiente es decir GND y REF.
5. Encender los computadores y el amplificador
6. Conectar el cable que va a la control box de acuerdo con la dirección de las flechas, se oprime de forma homogénea, este procedimiento se repite para el cable y el amplificador
7. Encender el PC y utilizar la llave de registro (**Azul**). Dejar conectada la llave del programa de análisis (**Roja**).
8. Conectar la llave del E-prime (**Verde**) a la CPU para presentar los estímulos
9. Iniciar el software Acticap
10. Verificar la impedancia: el color rojo indica alta impedancia, debe alcanzarse una impedancia de 5 k Ω
11. Se disponen toallas desechables sobre una mesa a fin de poner sobre ellas el gel electrolítico que será utilizado posteriormente.
12. Se introduce el gel electrolítico en las jeringas con las que se aplicará el gel en los electrodos.
13. Para bajar la impedancia se debe aplicar el gel electrolítico. Se debe aplicar primero a los electrodos de referencia así como al electrodo de tierra, se aplica el gel hasta que los electrodos se tornen de color verde para lo cual es necesario separar la mayor cantidad de cabello posible con movimientos de vaivén en el sentido de la dirección de la muesca que aparece en el cuerpo del electrodo antes de aplicarlo

14. Se adhieren con microporo a la cara los electrodos que registrarán el parpadeo teniendo en cuenta no tapar las muescas de estos. Para lo cual se retiran del gorro los electrodos número 1, 3, 7, 8 y se colocan de la siguiente forma: En el ojo izquierdo: el electrodo 1 en la órbita superior, el electrodo 3 en la órbita inferior, el electrodo 8 en el canto del ojo. En el ojo derecho: electrodo 7 en el canto.
15. Abrir el programa de registro: Brain Vision Recorder desde el icono verde ubicado en el escritorio.
16. Para poder observar bien el registro se oprime el botón con la letra Z de la control box que apaga el software Acticap.
17. En otro computador, se abre la tarea preparada con anterioridad en E-Prime
18. Se verifica que se estén tomando correctamente los datos, para dicho propósito se pide al participante que mueva los ojos hacia los lados, de arriba hacia abajo, apriete las mandíbulas, mueva los hombros de arriba hacia abajo, apriete los puños de las manos, respire hondamente y tosa con fuerza. Esto permite al investigador identificar visualmente los artefactos antes de iniciar el registro.
19. Se procede a la presentación de los estímulos, dando inicialmente las instrucciones al participante, y luego se comienzan a registrar sus respuestas.
20. Las respuestas dadas por el participante deben guardarse de la siguiente manera: Nombre del espacio de trabajo- Fecha- y número del participante
21. Apagar el amplificador y quitar la conexión del gorro
22. Apagar la control box
23. Quitar el gorro y limpiar la cara del participante, así como eliminar los grumos de gel que permanecen sobre el cabello del participante
24. Despedir al participante y agradecerle su participación

6.8 Obtención de registro electrofisiológico

Los sujetos fueron evaluados en el Laboratorio de Psicología Experimental de la Universidad El Bosque, donde los sonidos externos estaban atenuados y había una iluminación adecuada. Se registró la actividad electroencefalográfica (EEG) a partir de los electrodos Fp2, F3, F4, C3, C4, FC1, FC2, FC6, CP1, CP2, CP5, CP6, P3, P4, PO9, PO10, O1, O2, T7, T8, TP9, TP10, Fz, Cz, Pz, Oz. (Ver figura 21) El electrooculograma (EOG) se registró en el canto y la órbita infraocular y supraocular del ojo derecho y en el canto externo del ojo izquierdo con los electrodos Fp1, F7, F8 y FC5, como se muestra en la figura 22. El electrodo de referencia (azul) correspondió a FCz y el de tierra a AFz como se muestra en la figura 21. Con el software BrainVision Recorder (Amplificador BrainAmp, conversor A/D de 16 bits) se programó un montaje original⁷ de 32 canales. El montaje de electrodos se hizo de acuerdo con el sistema Internacional 10/20 en un actiCAP (Brain Products), un gorro de nylon adaptable a la cabeza al que se le insertaron dichos electrodos antes de ponerlo en el participante. Los electrodos constaron de circuitos de Ag/Ag Cl.

Con el software actiCAP, se controlaron las impedancias de los electrodos por debajo de los 5 k Ω a 60 Hz previa preparación de las áreas de registro del electrooculograma con *Nu Prep*, gel limpiador, moderadamente abrasivo y posteriormente aplicando a la totalidad de los electrodos del montaje, el gel electrolítico, para mejorar la conducción de la señal eléctrica. Con el software BrainVision Recorder se establecieron los parámetros para el registro de las señales: tasa de

⁷ En el que ninguna referencia nueva fue calculada. La referencia original solamente fue usada para agrupar canales y optimizar la forma en que eran presentados.

muestreo de 500 Hz, paso bajo de banda de 0.05 Hz (Low cutoff), paso alto de banda de 40 Hz (High cutoff) con un filtro Notch de 60 Hz a un tiempo constante de 3.1831s.

Se recogieron los datos en épocas de 300ms (pre estímulo) a 800 ms (postestímulo) (época=1100 ms) para todos los canales de registro, posterior a la presentación de los ítems de entrenamiento. Se les solicitó a los participantes evitar al máximo posible los movimientos oculares excesivos y los movimientos repentinos o bruscos para reducir los artefactos.

Los datos registrados se almacenaron fuera de curso (off-line) para la realización de limpieza, promediación y análisis posterior.

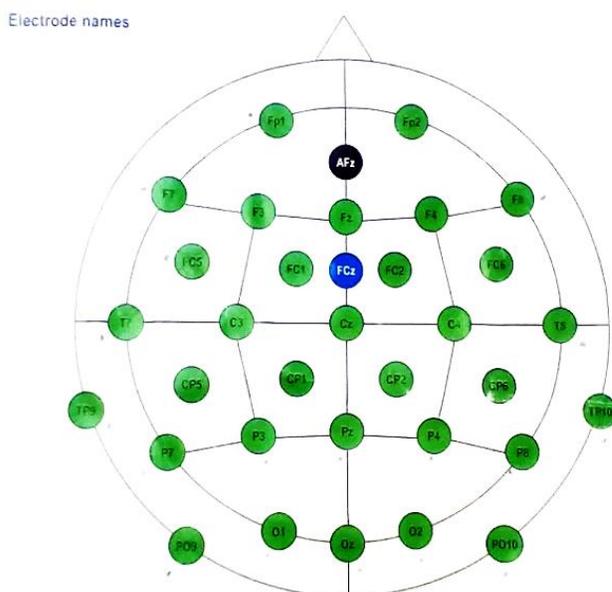


Figura 21. Nombres y distribución de los electrodos. Tomado de BrainVision Analyzer User Manual (2009).

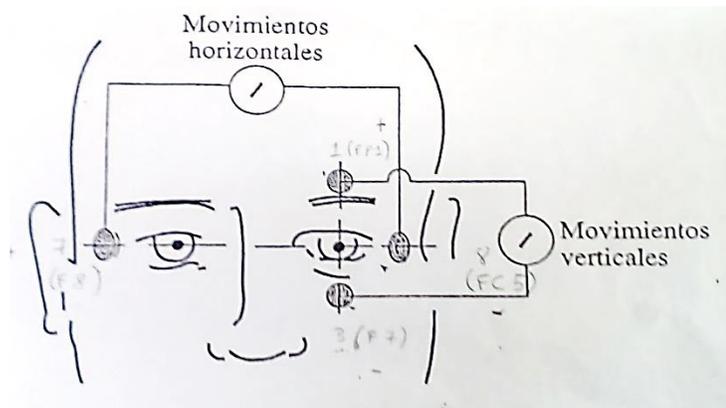


Figura 22. Electrodo asignados al electrooculograma. Protocolo de obtención de registros. Laboratorio Universidad El Bosque (2011).

6.9 Preparación de datos para análisis

A los registros obtenidos en bruto se les aplicaron filtros (el paso bajo de banda fue de 0.1 Hz y el paso alto de banda fue de 30 Hz; slope (dB/oct): 12), con el fin de eliminar la mayor cantidad de artefactos posible. Posteriormente se les realizó corrección ocular (vertical: canales Fp1, F7 y horizontal: canales F8 y FC5), luego se hizo una segmentación global de los mismos (rango entre los -200 y 800 ms), en la que se le solicitó al software la división por estímulos aplicados (estímulo 1 y estímulo 2 para cada tarea). Se realizó corrección de línea base (rango entre -100-0 ms) y se rechazaron artefactos con base en la inspección visual (actividad mínima permitida: 0.5 μ V; duración del intervalo: 100 ms). Se realizó segmentación del estímulo 1 y del estímulo 2 en el registro obtenido de cada individuo (rango entre los -200 y 800 ms).

6.10 Promediación y detección de picos

Posteriormente, se obtuvo el promedio del estímulo 1 y el promedio del estímulo 2 específicamente. Se halló el gran promedio (Grand Average) por cada tarea y por cada estímulo y se aplicó el comando "Data Comparison-Difference" con el fin de pedirle al software que hiciera una sustracción digital de los amplituds en cada punto del tiempo de los datos del estímulo 2 respecto del estímulo 1 para cada tarea, o una sustracción entre los estímulos 1 y 2 entre tareas visuales, o entre tareas auditivas, o entre tareas visuales y auditivas, acercando el análisis al cumplimiento de los objetivos del proyecto.

Se realizó la detección de picos de los grandes promedios y se exportaron las latencias y amplitudes con el fin de obtener un parámetro para la detección de picos individuales.

Las ventanas de análisis para la detección de picos en los grandes promedios se encuentran resumidas en la tabla 2 presentada a continuación:

Tabla 2. Ventanas de análisis para detección de picos en Grandes Promedios

Tarea	Componente	Ventana de análisis
Bada	P500	500-600 ms
	P700	700-800 ms
DL	P100	100-200 ms
	N200	150-250 ms
	P300	300-400 ms
DV	P100	100-200 ms
	N200	150-250 ms
	P300	300-400 ms
Hertz	P100	200-300 ms
	N200	300-400 ms
	P300	350-450 ms
Image	P100	100-200 ms
	N200	150-250 ms
	P300	300-400 ms

Fuente: Elaboración propia basada en datos obtenidos a través del software BrainVision Analyzer

Considerando la latencia del pico principal con mayor amplitud (en el caso de la mayoría de tareas fue el electrodo Oz y por tanto se tomó como parámetro de referencia) se establecieron ventanas de análisis para la detección automática de picos individuales de los componentes para cada tarea. La tabla 3 resume estos rangos tenidos en cuenta para la detección de picos individuales.

Tabla 3. *Ventanas de análisis para detección de picos individuales*

Tarea	Componente	Ventana de análisis
Bada	P500	487-587 ms
	P700	680-800 ms
DL	P100	80-180 ms
	N200	152-252 ms
	P300	240-360 ms
DV	P100	107-207 ms
	N200	176-276 ms
	P300	250-400 ms
Hertz	P100	200-300 ms
	N200	280-380 ms
	P300	360-480 ms
Image	P100	99-199 ms
	N200	174-274 ms
	P300	280-400 ms

Fuente: Elaboración propia basada en datos obtenidos a través del software BrainVision Analyzer

6.11 Análisis estadístico

Para el análisis⁸ de todos los datos obtenidos en la investigación: las pruebas neuropsicológicas, las medidas conductuales y las medidas electrofisiológicas se empleó el software estadístico R y para los análisis de varianza, se aplicó la prueba de rango signado de Wilcoxon, no paramétrica, alternativa a la T de Student, apropiada para conjuntos de datos pequeños, en donde no se puede suponer normalidad, debido al tamaño de estos. Esta prueba tiene en cuenta la dependencia entre los grupos, es decir, que por cada niño con dislexia había un par sin esta dificultad, funcionando como control. Su aplicación genera un análisis más robusto y apropiado que el empleo del test T, dado el tamaño muestral. De esta forma se hallaron las varianzas para los

⁸ Estudiantes de últimos semestres del pregrado en estadística de la Universidad Nacional de Colombia, que tomaban durante el segundo semestre de 2015 la clase llamada "Consultoría en estadística" y cuyo trabajo de clase consiste en la asesoría para el análisis de datos a tesis de pregrado y de posgrado.

grupos estimadas en el p valor. Adicionalmente se obtuvieron las medias y desviaciones estándar de los datos. En las tablas que se presentan en este documento aparecen reunidos los datos concernientes a los estadísticos descriptivos y a los estadísticos inferenciales no paramétricos, sin embargo, es importante aclarar que los resultados provienen de estos dos métodos diferentes.

7. Consideraciones éticas

El presente estudio se acogió a las pautas de investigación internacionales consignadas en el Código Nuremberg (1947), la declaración de Helsinki (1964) y el informe Belmont (1978). Así mismo, siguió los criterios establecidos en las Pautas Éticas Internacionales para la Investigación Biomédica en Seres Humanos preparadas por el Consejo de Organizaciones Internacionales de las Ciencias Médicas (CIOMS, 2002), específicamente, los que corresponden a la pauta N° 14 sobre las investigaciones en las que participan niños. Es así como se pudo garantizar que:

- 1) La investigación no podría ser igualmente bien realizada con adultos; 2) el propósito de la investigación [era] obtener conocimiento relevante sobre las necesidades de salud de los niños; 3) el padre, madre o representante legal de cada niño [autorizó] su participación; 3) el acuerdo (asentimiento) de cada niño se [obtuvo] teniendo en cuenta sus capacidades; y 4) la negativa de un niño a participar o continuar en la investigación [fue] respetada⁹. (CIOMS, 2002, pauta 14)

Esta investigación también estuvo en consonancia con la Resolución N° 008430 de 1993, del Ministerio de Salud de la Republica de Colombia, “por la cual se establecen las normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud”, específicamente, con los literales e, f y g del artículo 6, puesto que contó “con el Consentimiento Informado y por escrito del sujeto de investigación o su representante legal (...)” (literal e). De modo que el padre o acudiente de cada menor, aceptó su participación y de igual manera asintió el niño (ver Anexo A y B).

[Debió] ser realizada por profesionales con conocimiento y experiencia para cuidar la integridad del ser humano bajo la responsabilidad de una entidad de salud, supervisada por las autoridades de salud, siempre y cuando [contara] con los recursos humanos y materiales necesarios que [garantizaran] el bienestar del sujeto de investigación. (literal f)

Por esta razón, el registro electroencefalográfico de cada niño fue obtenido por la investigadora principal tras entrenamiento exhaustivo en el laboratorio y estuvo supervisado por el Dr. Mauricio Bonilla, director del Laboratorio de Psicología Experimental de la Universidad El Bosque, tras la autorización “de la institución investigadora y de la institución donde se realice la investigación; el consentimiento Informado de los participantes; y la aprobación del proyecto por parte del Comité de Ética en Investigación

⁹ Este caso no se presentó. Los retiros de la investigación fueron justificados por dificultades de transporte y disponibilidad de tiempo de los padres de algunos menores.

de la institución” (literal g). Dicha aprobación fue conferida por el Comité de ética de la facultad de Medicina en octubre de 2013 y fue posteriormente renovada en octubre de 2014 (ver Anexo L). Los comités de ética de las instituciones de salud de donde se extrajeron participantes para la muestra así como las directivas de los colegios vinculados autorizaron los procedimientos del estudio.

Además, se acogió al párrafo B del artículo 11, en tanto que se considera de riesgo mínimo, porque empleó el registro de datos, a través de procedimientos comunes consistentes en: “exámenes físicos o psicológicos de diagnóstico o tratamientos rutinarios [...] pruebas psicológicas a grupos o individuos en los que no se [manipula] la conducta del sujeto”, dentro de estos, se incluye el registro electroencefalográfico, procedimiento no invasivo en el que se adhieren varios electrodos al cuero cabelludo del paciente. El estudio también cumple con lo establecido en el artículo 24 del capítulo III, de la resolución mencionada, sobre las investigaciones en menores de edad y discapacitados, esto es, que se asegura de que previamente se han hecho estudios semejantes al planteado, en personas mayores de edad y en otros niños, sin causarles ningún tipo de perjuicio.

Por último, siguiendo los literales a y b del párrafo primero del artículo 28, de la misma resolución: “el procedimiento [representó] para el menor una experiencia razonable y comparable con aquellas inherentes a su actual situación médica, psicológica, social o educativa y dicho procedimiento [tuvo] alta probabilidad de obtener resultados positivos o conocimientos generalizables sobre la condición del menor que serán de gran importancia para comprender el trastorno o para lograr su mejoría en otros sujetos”.

Es importante mencionar que los padres de los menores recibieron un informe de evaluación neuropsicológica en el que se dio cuenta de las pruebas aplicadas y los resultados obtenidos, incluyendo un apartado de conclusiones, en donde se brindaba el diagnóstico neuropsicológico definitivo; y había otro apartado de recomendaciones en donde se hacía remisión a diferentes áreas como fonoaudiología, psicología y terapia ocupacional, o a especialidades como psiquiatría y neuropediatría.

La investigadora principal, junto con el neuropsicólogo contratado por el proyecto, realizó una retroalimentación con los docentes de las instituciones vinculadas, sobre los resultados obtenidos tras las evaluaciones neuropsicológicas, enfatizando en los de aquellos niños que requerían mayor atención en el aula de clase y recomendaron una serie de ejercicios a nivel pedagógico a los educadores para generar cobertura de las necesidades educativas especiales de estos niños.

Finalmente, se dieron a conocer los resultados de los potenciales evocados en cada tarea conductual, para cada grupo (casos y controles) a las instituciones de salud y educativas implicadas en el proceso, así como a los padres de familia.

8. Resultados

8.1 Pruebas neuropsicológicas

A partir del empleo de la prueba de rango signado de Wilcoxon, se puede concluir que existe una diferencia estadísticamente significativa no tan marcada (*: significancia del 0.01) entre las respuestas de los niños con dislexia y los niños controles en la prueba neuropsicológica de Deletreo (ENI), Igual o Diferente (PROLEC-R), Lectura de Sílabas (ENI), Número de palabras copiadas por minuto (Velocidad, ENI). Así mismo, se encontró diferencia estadísticamente significativa bastante marcada (* *: significancia del 0.05) entre los dos grupos para las pruebas neuropsicológicas de Lectura de Palabras (PROLEC), Lectura de Pseudopalabras (PROLEC-R), Lectura de Oraciones (ENI), Numero de palabras con error en la lectura en voz alta (ENI) (Velocidad), Tiempo de Lectura en Voz Alta (ENI), Palabras Leídas por minuto en Voz Alta (ENI) (Velocidad), Tiempo de lectura en Silencio (ENI), Palabras Leídas por minuto en voz silente (ENI), Dictado de Palabras (ENI), Numero de palabras copias por minuto (ENI). La tabla 4 resume los niveles de significancia estadística alcanzados para cada prueba neuropsicológica.

Tabla 4. *Resultados de las pruebas neuropsicológicas aplicadas*

Prueba neuropsicológica	Controles		Disléxicos		p-valor	Significancia
	Media	Desviación Estándar	Media	Desviación Estándar		
Memoria Verbal Codificación (ENI)	0.72	0.08	0.65	0.13	0.14	n.s
Memoria Verbal Largo Plazo (ENI)	0.74	0.10	0.75	0.14	0.87	n.s
Categorías Semánticas (ENI)	0.68	0.15	0.81	0.11	0.09	n.s
Reconocimiento Memoria Verbal (ENI)	0.96	0.03	0.91	0.15	0.21	n.s

Memoria Visual Codificación (ENI)	0.68	0.10	0.65	0.13	0.47	n.s
Memoria Visual Largo Plazo (ENI)	0.83	0.12	0.80	0.14	0.86	n.s
Categorías Semánticas (ENI)	0.85	0.10	0.87	0.09	0.30	n.s
Reconocimiento Memoria Visual (ENI)	0.99	0.01	0.98	0.02	0.09	n.s
Cancelación de Letras Correctas (ENI)	24.86	6.53	23.46	6.88	0.71	n.s
Dibujos Desde Ángulos Diferentes (ENI)	0.81	0.23	0.78	0.20	0.67	n.s
Orientación de Líneas (ENI)	0.86	0.14	0.85	0.14	0.96	n.s
Percepción Fonémica	0.95	0.04	0.90	0.11	0.16	n.s
Repetición de Sílabas (ENI)	1	0	0.98	0.04	0.34	n.s
Repetición de Palabras (ENI)	0.99	0.03	0.95	0.06	0.12	n.s
Repetición de No Palabras (ENI)	0.95	0.07	0.95	0.07	1	n.s
Repetición de Oraciones	0.65	0.15	0.63	0.16	0.71	n.s

(ENI)						
Denominación (ENI)	0.71	0.13	0.80	0.12	0.10	n.s
Síntesis Fonémica (ENI)	0.45	0.31	0.31	0.26	0.15	n.s
Conteo de Sonidos (ENI)	0.60	0.35	0.6	0.28	0.90	n.s
Deletreo (ENI)	0.725	0.20	0.52	0.20	0.02	*
Igual o Diferente (PROLEC-R)	0.95	0.04	0.81	0.21	0.03	*
Nombre de Letras (PROLEC-R)	0.97	0.04	0.93	0.06	0.17	n.s
Lectura de Sílabas (ENI)	1	0	0.85	0.262	0.02	*
Lectura de Palabras (PROLEC-R)	0.99	0.01	0.90	0.09	0.003	**
Lectura de Pseudopalabras (PROLEC-R)	0.96	0.04	0.79	0.18	0.006	**
Lectura de Oraciones (ENI)	0.97	0.05	0.79	0.18	0.006	**
Comprensión de Oraciones (ENI)	0.91	0.11	0.76	0.20	0.08	n.s
Número de palabras con error en lectura en voz alta (ENI) (Velocidad)	2.06	2.57	9.53	3.88	0.0008	**

Tiempo de Lectura en Voz Alta (ENI)	83.86	43.06	157.2	59.04	0.004	**
Palabras Leídas por Minuto en Voz Alta (ENI) (Velocidad)	87.26	35.49	43.73	16.04	0.002	**
Tiempo de Lectura en Silencio (ENI)	75.13	35.11	151.26	65.06	0.0004	**
Palabras Leídas por Minuto en Voz Silente (ENI)	88.33	37.08	43.4	18.55	0.0004	**
Dictado de Sílabas (ENI)	0.82	0.13	0.76	0.18	0.41	n.s
Dictado de Palabras (ENI)	0.68	0.11	0.48	0.14	0.003	**
Dictado de No Palabras (ENI)	0.68	0.07	0.65	0.18	0.82	n.s
Dictado de Oraciones	0.58	0.20	0.47	0.21	0.13	n.s
Tiempo en la Copia de un Texto	526.6	179.94	776.46	379.30	0.07	n.s
Número de palabras copiadas por minuto (Velocidad)	10.8	3.85	7.6	3.18	0.045	*
Número de palabras con error en copia (Precisión)	12.93	4.33	12.46	7.71	0.62	n.s

Nota. * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, n.s.= no significativo

Fuente: Elaboración propia basada en los resultados obtenidos tras la aplicación de las pruebas neuropsicológicas.

De acuerdo con un análisis descriptivo, en general se puede apreciar que los niños del grupo control tienen un mayor puntaje en promedio en cada una de las pruebas, además de presentar menor varianza, esto indica que su desempeño es mejor que el del grupo de niños con dislexia, como era de esperarse. En el grupo de niños con dislexia, los promedios que tienen valores más altos son los de los tiempos de respuesta (Tiempo de lectura en voz alta, tiempo de lectura en silencio, tiempo de copia de un texto) situación acorde con sus dificultades relacionadas con la velocidad de procesamiento. Así mismo, se presenta mayor variación en los resultados de este grupo.

8.2 Medidas conductuales

El cuadro 4 expone la codificación de los nombres de las tareas conductuales para el procesamiento posterior de los datos estadísticos.

Cuadro 4. *Codificación de las tareas conductuales*

Nombre de la tarea	Nombre codificación
Procesamiento auditivo lingüístico	Bada
Decisión léxica	DL
Procesamiento visual lingüístico	DV
Procesamiento auditivo no lingüístico	Hertz
Procesamiento visual no lingüístico	Image

Fuente: Elaboración propia

El cuadro 5 expone los estímulos de cada tarea que fueron presentados a los participantes y posteriormente analizados:

Cuadro 5. *Estímulos presentados a los participantes en cada tarea*

	Estímulo 1	Estímulo 2
Bada	ba	da
DL	Palabra	Pseudopalabra
DV	q	p
Hertz	Pito grave	Pito agudo
Image	Similar a L al revés	Similar T invertida

Fuente: Elaboración propia

8.2.1 Tiempos de reacción

De acuerdo con los resultados de la prueba de rango signado de Wilcoxon, presentados en las tablas 5 y 6, se puede apreciar que no existe una diferencia estadísticamente significativa ($p < 0.01$) entre los grupos para ninguno de los dos estímulos, en ninguna tarea, y esto se debe principalmente a los altos valores de variabilidad que existen. De manera que los intervalos de confianza son amplios y esto causa que haya una alta probabilidad de aceptar que las medianas de ambos grupos sean iguales.

Al realizar un análisis descriptivo de los datos (ver tabla 5 y 6), se observa que las desviaciones estándar en cada caso se encuentran en un rango de valores entre 80 y 160, valores bastante altos; en consecuencia, los intervalos de confianza son bastante amplios y esto hace razonable aceptar que para todos los casos, los promedios de los grupos sean iguales.

Probablemente la forma en que se seleccionó la muestra (a conveniencia, no aleatoria) pudo provocar desviaciones tan altas.

A pesar de esto, se puede ver que las diferencias entre medias no son significativas, donde para el estímulo 1 y 2, las más amplias se presentan en la tarea Hertz e Image.

Tabla 5. *Estímulo 1-Tiempos de reacción*

Estímulo 1-Tiempos de reacción						
Tarea	Controles		Disléxicos		p-Valor	Significancia
	Media	Desviación Estándar	Media	Desviación Estándar		
Bada	735.67	152.89	739.41	127.24	0.97	n.s
DL	901.53	134.73	939.46	189.76	0.45	n.s
DV	614.59	101.99	590.02	94.82	0.80	n.s
Hertz	545.80	115.95	581.56	113.04	0.15	n.s
Image	578.80	125.88	618.04	81.02	0.42	n.s

Nota. * $p < 0.05$, n.s.= no significativo

Fuente: Elaboración propia basada en los datos obtenidos tras la aplicación de las tareas conductuales

Tabla 6. *Estímulo 2-Tiempos de reacción*

Estímulo 2-Tiempos de reacción						
Tarea	Controles		Disléxicos		p-Valor	Significancia
	Media	Desviación Estándar	Media	Desviación Estándar		
Bada	673.71	154.58	681.89	112.63	0.76	n.s
DL	1074.59	183.17	1083.19	232.95	0.93	n.s
DV	571.63	123.56	536.49	107.72	0.52	n.s
Hertz	512.40	123.61	534.08	78.39	0.38	n.s
Image	549.97	142.14	568.23	81.63	0.42	n.s

Nota. * $p < 0.05$, n.s.= no significativo

Fuente: Elaboración propia basada en los datos obtenidos tras la aplicación de las tareas conductuales

8.2.2 Precisión

De acuerdo con los resultados de la prueba de rango signado de Wilcoxon (ver tabla 7 y 8) se puede apreciar que no existe una diferencia estadísticamente significativa ($p < 0.01$) entre el grupo con dislexia y el grupo control para ninguno de los dos estímulos, en la mayoría de tareas y esto se debe principalmente a los altos valores de variabilidad que existen, de manera que los intervalos de confianza son amplios y esto causa que haya una alta probabilidad de aceptar que las medianas de ambos grupos sean iguales. Sin embargo, hubo ciertos casos en que los que se presentaron diferencias estadísticamente significativas (DL y DV estímulo 1, $p = 0,014305878$, $p = 0,010722788$; DL estímulo 2: $p = 0,003438$)

Al realizar un análisis descriptivo se observa que las desviaciones estándar son realmente bajas, lo cual hace que este análisis sea más robusto que el de la variable tiempo de reacción, luego para los casos en que se rechaza la hipótesis de igualdad se tiene un buen indicador de cuáles son las tareas que presentan mayores diferencias, que corresponden a DL y DV (ver tabla 7 y 8).

Tabla 7. *Estímulo 1-Precisión*

Estímulo 1						
Tarea	Controles		Disléxicos		p-Valor	Significancia
	Media	Desviación Estándar	Media	Desviación Estándar		
Bada	0.76	0.24	0.7	0.19	0.19	n.s
DL	0.83	0.13	0.65	0.16	0.01	*
DV	0.86	0.10	0.62	0.30	0.01	*
Hertz	0.79	0.20	0.79	0.17	0.69	n.s
Image	0.89	0.09	0.84	0.13	0.25	n.s

Nota. * $p < 0.05$, n.s.= no significativo

Fuente: Elaboración propia basada en los datos obtenidos tras la aplicación de las tareas conductuales

Tabla 8. *Estímulo 2-Precisión*

Tarea	Estímulo 2					
	Controles		Disléxicos		p-Valor	Significancia
	Media	Desviación Estándar	Media	Desviación Estándar		
Bada	0.80	0.21	0.76	0.23	0.55	n.s
DL	0.70	0.24	0.38	0.16	0.003	*
DV	0.89	0.12	0.70	0.34	0.08	n.s
Hertz	0.86	0.14	0.86	0.19	0.85	n.s
Image	0.92	0.13	0.89	0.09	0.25	n.s

Nota. ** $p < 0.01$, n.s.= no significativo

Fuente: Elaboración propia basada en los datos obtenidos tras la aplicación de las tareas conductuales

8.3 Medidas electrofisiológicas

Por medio de la observación de la forma de las ondas obtenidas tras la aplicación de los grandes promedios, se determinaron en las tareas DL, DV, Hertz e Image, tres componentes con picos claramente diferenciados: un pico prominente positivo entre los 100 y los 200 ms aproximadamente, que se consideró como P100; una deflexión negativa que tuvo lugar aproximadamente entre los 150 y 200 ms, considerada como N200, y un pico positivo, entre los 300 y 400 ms aproximadamente, considerado como P300. Para la tarea Bada se identificó un pico positivo a los 500 ms (P500) y otro a los 700 ms (P700). Estos picos, en general con latencias muy tardías, fueron asimilados para efectos de comparación en esta investigación, el primero como P300 tardío, y el segundo como P500.

Para realizar el análisis de latencias y amplitudes en todos los componentes obtenidos¹⁰, se tuvieron en cuenta los electrodos Oz y Pz, de la línea media por las grandes amplitudes que estos presentaron en todas las tareas y en todos los componentes, así como las parejas homólogas (par: hemisferio derecho, impar: hemisferio izquierdo) de electrodos PO9, PO10, para el análisis específico del componente P100, P500 (P300) y P700 (P500); TP9 y TP10 para el análisis del componente N200; y P7 y P8 para el análisis de P300, cuya amplitud fue la más alta adicionalmente de la de los electrodos mencionados de la línea media. De tal manera que la amplitud (amplitud de la onda) fue un indicador de mayor activación neuronal y conexiones sinápticas, relevante para establecer comparaciones entre la fisiología de las ondas.

¹⁰ El análisis estadístico se realizó considerando los valores de medias de latencia y amplitud de picos (P100, N200, P300, P500, P700) de los participantes incluidos en cada grupo

8.3.1 Comparación entre grupos por componentes en cada tarea

La mayoría de las diferencias entre el grupo de disléxicos y controles se presentó en la tarea DL. En esta tarea hay diferencias estadísticamente significativas en el componente P100 en cuanto a amplitud para los electrodos PO9 y PO10 ante el estímulo 2 (pseudopalabras, $p < 0.05$), y en Oz, tanto para el estímulo 1 (palabras), como para el estímulo 2 (pseudopalabras, $p < 0.05$). En el componente N200 se observaron diferencias estadísticamente significativas en cuanto a amplitud, en el electrodo TP9 ante el estímulo 1 y 2 (palabras y pseudopalabras, $p < 0.05$), en TP10 ante el estímulo 1 y 2 (palabras y pseudopalabras, $p < 0.01$) y en Oz ante el estímulo 1 (palabras, $p < 0.05$). En P300, la diferencia significativa apareció en el electrodo P7 ante el estímulo 2, en torno a la amplitud (pseudopalabras, $p < 0.05$)

En la tarea DV, en el componente P100 se presentó diferencia estadísticamente significativa en la amplitud de Oz ante el estímulo 1 (q , $p < 0.05$)

En la tarea Hertz, en el componente P100 se presentó diferencia estadísticamente significativa únicamente en la latencia del electrodo PO10 ante el estímulo 1 (tono grave, $p < 0.05$). En el componente N200 de esta misma tarea, se observó otra diferencia estadísticamente significativa en torno a la amplitud del estímulo 2 (tono agudo, $p < 0.05$).

Para la tarea Bada e Image no hubo diferencias estadísticamente significativas en la latencia, ni en la amplitud de ningún electrodo.

En cuanto a las varianzas, se puede observar que en general la que hay en los controles es menor que la de los disléxicos, sin embargo, en el componente P100, N200 y P300 de la tarea Hertz, N200 de la tarea DV, N200 de la tarea DL y P500 de la tarea Bada ocurre lo contrario, es decir, la varianza para el grupo control es mayor que la varianza de los disléxicos.

A continuación se presentan las tablas 9 a la 14 que detallan el análisis de varianza y las medias y desviaciones estándar de las latencias y amplitudes de los componentes por cada tarea, en donde se presentaron las diferencias estadísticamente significativas.

Tabla 9. Componente P100 Tarea DL

Electrodo-estímulo- latencia/Amplitud	P100-DL					
	Controles			Disléxicos		
	Media	Desviación estándar	Media	Desviación estándar	p- Valor	Significancia
PO9-1-L	124.66	5.53	125.86	10.21	0.60	n.s
PO9-1-A	14.61	9.32	4.25	15.70	0.06	n.s
PO9-2-L	122.53	7.68	120.4	15.16	0.62	n.s
PO9-2-A	16.41	7.97	4.24	12.73	0.02	*
PO10 -1-L	125.86	6.47	125.06	8.87	0.40	n.s
PO10-1-A	17.64	11.91	6.91	15.93	0.10	n.s
PO10-2-L	126	8.41	122.53	14.09	0.46	n.s
PO10-2-A	19.81	10.32	7.43	13.31	0.01	*
Oz-1-L	130.66	8.47	132.93	13.17	0.97	n.s
Oz-1-A	18.08	9.39	8.70	12.64	0.04	*
Oz-2-L	130.26	7.66	126	14.67	0.17	n.s
Oz-2-A	18.27	8.71	11.7	9.08	0.03	*
Pz-1-L	126.66	19.89	128.4	26.30	0.75	n.s
Pz-1-A	4.33	3.19	2.32	5.89	0.27	n.s
Pz-2-L	126.8	16.10	135.06	15.97	0.25	n.s
Pz-2-A	4.49	2.94	2.08	3.96	0.25	n.s

Nota. * $p < 0.05$, n.s.= no significativo

Fuente: Elaboración propia basada en los datos obtenidos con el software BrainVision Analyzer

Tabla 10. *Componente N200 Tarea DL*

Electrodo- estímulo- latencia/Amplitud	N200-DL					
	Controles		Disléxicos		p-Valor	Significancia
	Media	Desviación estándar	Media	Desviación estándar		
TP9-1-L	214	18.26	215.6	15.34	0.97	n.s
TP9-1-A	-13.93	9.47	-21.31	8.61	0.01	*
TP9-2-L	210.93	19.07	213.06	16.73	0.61	n.s
TP9- 2-A	-13.16	8.31	-23.42	10.83	0.01	*
TP10-1-L	213.06	13.70	218.8	12.62	0.27	n.s
TP10-1-A	-17.89	8.18	-26.70	9.82	0.004	**
TP10-2-L	215.6	15.89	213.6	13.73	0.73	n.s
TP10-2-A	-18.09	8.15	-26.32	5.87	0.004	**
Oz-1-L	202.8	15.37	208.4	15.02	0.49	n.s
Oz-1-A	-19.18	8.64	-25.68	9.80	0.02	*
Oz-2-L	204	18.85	206.66	13.97	0.73	n.s
Oz-2-A	-19.66	7.41	-23.90	8.57	0.15	n.s
Pz-1-L	207.73	16.73	210.8	22.52	0.93	n.s
Pz-1-A	-14.27	6.89	-13.80	5.41	0.84	n.s
Pz-2-L	208.8	19.09	210.26	13.81	0.97	n.s
Pz-2-A	-15.0	6.59	-15.32	4.71	0.89	n.s

Nota. $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, n.s.= no significativo

Fuente: Elaboración propia basada en los datos obtenidos con el software BrainVision Analyzer

Tabla 11. *Componente P300 Tarea DL*

Electrodo- estímulo- latencia/Amplitud	P300-DL					
	Controles			Disléxicos		
	Media	Desviación estándar	Media	Desviación estándar	p-Valor	Significancia
P7-1-L	323.33	27.31	315.33	33.57	0.22	n.s
P7-1-A	14.35	8.53	8.25	8.59	0.07	n.s
P7-2-L	321.33	27.77	319.33	25.66	0.71	n.s
P7-2-A	16.86	7.97	9.34	8.48	0.02	*
P8-1-L	316.26	23.81	320.8	23.83	0.88	n.s
P8-1-A	15.92	10.74	14.52	10.24	0.63	n.s
P8-2-L	317.6	22.88	321.73	25.17	0.97	n.s
P8-2-A	17.90	9.60	14.91	10.03	0.38	n.s
Oz-1-L	315.2	30.72	325.2	32.07	0.61	n.s
Oz-1-A	14.94	8.76	11.24	11.54	0.71	n.s
Oz-2-L	315.46	30.04	312.8	42.43	1	n.s
Oz-2-A	16.56	7.95	14.71	8.37	0.56	n.s
Pz-1-L	316.4	18.05	310.26	34.26	0.47	n.s
Pz-1-A	9.14	6.00	7.89	4.40	0.76	n.s
Pz-2-L	311.73	27.71	308.26	21.43	0.58	n.s
Pz-2-A	9.48	7.03	7.85	4.27	0.52	n.s

Nota. * $p < 0.05$, n.s.= no significativo

Fuente: Elaboración propia basada en los datos obtenidos con el software BrainVision Analyzer

Tabla 12. Componente P100 Tarea DV

Electrodo-estímulo- latencia/Amplitud	P100- DV					
	Controles			Disléxicos		
	Media	Desviación estándar	Media	Desviación estándar	p- Valor	Significancia
PO9-1-L	150.13	8.15	154.53	21.63	0.36	n.s
PO9-1-A	13.93	9.97	10.38	12.12	0.63	n.s
PO9-2-L	153.06	10.19	156.8	14.25	0.47	n.s
PO9-2-A	13.88	9.09	12.06	13.48	0.89	n.s
PO10-1-L	157.06	13.49	158	18.95	0.90	n.s
PO10-1-A	16.41	16.39	11.33	12.39	0.56	n.s
PO10-2-L	151.46	10.18	151.73	12.80	0.79	n.s
PO10-2-A	18.38	15.32	11.30	13.10	0.42	n.s
Oz-1-L	156.8	13.60	157.33	16.82	0.91	n.s
Oz-1-A	16.30	6.64	10.83	8.90	0.02	*
Oz-2-L	156.8	9.58	160.13	12.31	0.46	n.s
Oz-2-A	15.1796	5.87	13.23	7.45	0.67	n.s
Pz-1-L	161.46	18.03	157.46	24.74	0.75	n.s
Pz-1-A	3.76	3.52	2.27	3.82	0.20	n.s
Pz-2-L	156.66	22.21	166.4	13.35	0.46	n.s
Pz-2-A	3.28	3.02	2.91	2.67	0.84	n.s

Nota. * $p < 0.05$, n.s.= no significativo

Fuente: Elaboración propia basada en los datos obtenidos con el software BrainVision Analyzer

Tabla 13. *Componente P100 Tarea Hertz*

Electrodo-estímulo- latencia/Amplitud	P100 Hertz						
	Controles			Disléxicos		p-Valor	Significancia
	Media	Desviación estándar	Media	Desviación estándar			
PO9-1-L	249.73	28.97	260.8	18.37	0.44	n.s	
PO9-1-A	5.11	11.66	3.67	8.56	0.97	n.s	
PO9-2-L	241.2	24.82	254.8	18.24	0.10	n.s	
PO9-2-A	2.39	8.19	1.14	8.39	0.56	n.s	
PO10-1-L	240.66	26.21	263.86	18.73	0.02	*	
PO10-1-A	3.55	13.69	6.24	11.23	0.42	n.s	
PO10-2-L	241.46	29.32	251.86	23.18	0.30	n.s	
PO10-2-A	-0.85	9.30	3.15	8.97	0.38	n.s	
Oz-1-L	257.06	32.99	272.53	21.06	0.10	n.s	
Oz-1-A	3.40	5.23	5.34	6.53	0.22	n.s	
Oz-2-L	250.93	27.94	259.86	23.89	0.40	n.s	
Oz-2-A	1.70	4.60	3.19	5.93	0.52	n.s	
Pz-1-L	257.46	34.10	273.06	20.97	0.18	n.s	
Pz-1-A	1.07	2.89	2.77	3.28	0.12	n.s	
Pz-2-L	253.46	28.38	261.6	25.60	0.30	n.s	
Pz-2-A	1.21	2.26	2.5136	3.04	0.22	n.s	

Fuente: Elaboración propia basada en los datos obtenidos con el software BrainVision Analyzer

Nota: * $p < 0.05$, n.s.= no significativo

Tabla 14. *Componente N200 Tarea Hertz*

Electrodo- estímulo- latencia/Amplitud	N200-Hertz					p-Valor	
	Controles		Disléxicos				
	Media	Desviación estándar	Media	Desviación estándar			
TP9-1-L	316.93	20.78	319.33	18.27	0.95	n.s	
TP9-1-A	-6.26	12.98	-11.05	19.99	0.71	n.s	
TP9-2-L	308	14.38	315.06	22.75	0.28	n.s	
TP9- 2-A	-8.79	9.37	-7.96	12.60	0.35	n.s	
TP10-1-L	320.4	21.01	322.53	14.97	0.40	n.s	
TP10-1-A	-6.2276	13.63	-2.14	8.67	0.30	n.s	
TP10-2-L	309.2	10.60	316.53	20.20	0.34	n.s	
TP10- 2-A	-10.65	9.63	-4.71	7.11	0.04	*	
Oz-1-L	314.53	25.61	311.73	21.89	0.82	n.s	
Oz-1-A	-5.17	5.55	-3.59	7.02	0.30	n.s	
Oz-2-L	308.13	17.54	314.26	26.25	0.45	n.s	
Oz-2-A	-6.53	3.34	-4.21	4.51	0.18	n.s	
Pz-1-L	309.73	20.90	315.73	29.09	0.59	n.s	
Pz-1-A	-4.62	2.83	-2.83	4.20	0.16	n.s	
Pz-2-L	300.13	16.65	311.86	26.33	0.34	n.s	
Pz-2-A	-3.74	2.32	-2.02	3.35	0.10	n.s	

Fuente: Elaboración propia basada en los datos obtenidos con el software BrainVision Analyzer

Nota: * $p < 0.05$, n.s.= no significativo

8.3.2 Comparación entre grupos por estímulo

Tras el análisis estadístico se observó que en general, para las comparaciones entre los grupos, tareas y estímulos, no hubo diferencias estadísticamente significativas. Las principales diferencias se presentaron cuando se compararon tareas con estímulos lingüísticos y no lingüísticos.

Para la tarea Bada, las medias del grupo control para todos los componentes fueron mayores que las del grupo con dislexia, así mismo, las desviaciones tendieron a ser mayores para el grupo con dislexia.

Con respecto a la tarea DL, en general, los controles tuvieron valores más altos, con excepción del componente N200.

En la tarea DV se pudo ver el mismo comportamiento de una media mayor en los controles, así como en las tareas anteriormente mencionadas, sin embargo, en la latencia para el componente P100 se presentó la situación contraria: las medias de los disléxicos fueron mayores que las de los controles.

En el caso de la tarea Hertz, se puede notar que en general, en todos los componentes, los disléxicos tendieron a una media más alta que la de los controles.

En la tarea Image, se pudo observar que las medias de latencia de N200 y las medias de amplitud en P300 fueron mayores en los disléxicos que en los controles.

A continuación se presenta un análisis detallado por tarea.

Tarea Bada

- Tarea Bada-P500

No hubo diferencias estadísticamente significativas entre los dos grupos para ninguno de los dos estímulos en el componente P500. Las medias y desviaciones estándar del grupo control fueron mayores que las del grupo con dislexia, sin embargo, las diferencias entre las desviaciones estándar del grupo con dislexia fueron mayores que las del grupo control.

El electrodo PO10 presentó mayor amplitud en los controles que en los disléxicos de acuerdo con las observaciones de las medias para el estímulo 1 (ba). En el electrodo PO9 hubo mayor amplitud en el estímulo 2 (da) para los disléxicos. Las medias de la amplitud de los electrodos analizados ante el estímulo 1 fueron mayores para el grupo control que para el grupo de disléxicos y las medias de la amplitud de los electrodos analizados ante el estímulo 2 fueron mayores para el grupo de disléxicos que para los controles, es decir presentaron un comportamiento inverso.

- Tarea Bada-P700

El componente P700 fue distinguible solamente ante el estímulo 1. Probablemente el pico de este componente para el estímulo 2 (da) se presentó posterior a la ventana de segmentación entre los -200 y 800 ms y por lo tanto, no pudo ser observado ni analizado. La amplitud para los controles resultó mayor para el estímulo 1 (ba).

Tarea DL

- Tarea DL-P100

Se hallaron diferencias estadísticamente significativas entre la amplitud de los dos grupos para el electrodo Oz, presentándose mayor amplitud para los controles, en el estímulo 1 (palabras) y 2 (pseudopalabras) ($p < 0.05$). Así mismo, se encontraron diferencias estadísticamente significativas de mayor amplitud para los controles en el estímulo 2 de acuerdo con la medición de PO9 y PO10 ($p < 0.05$) (ver figura 23).

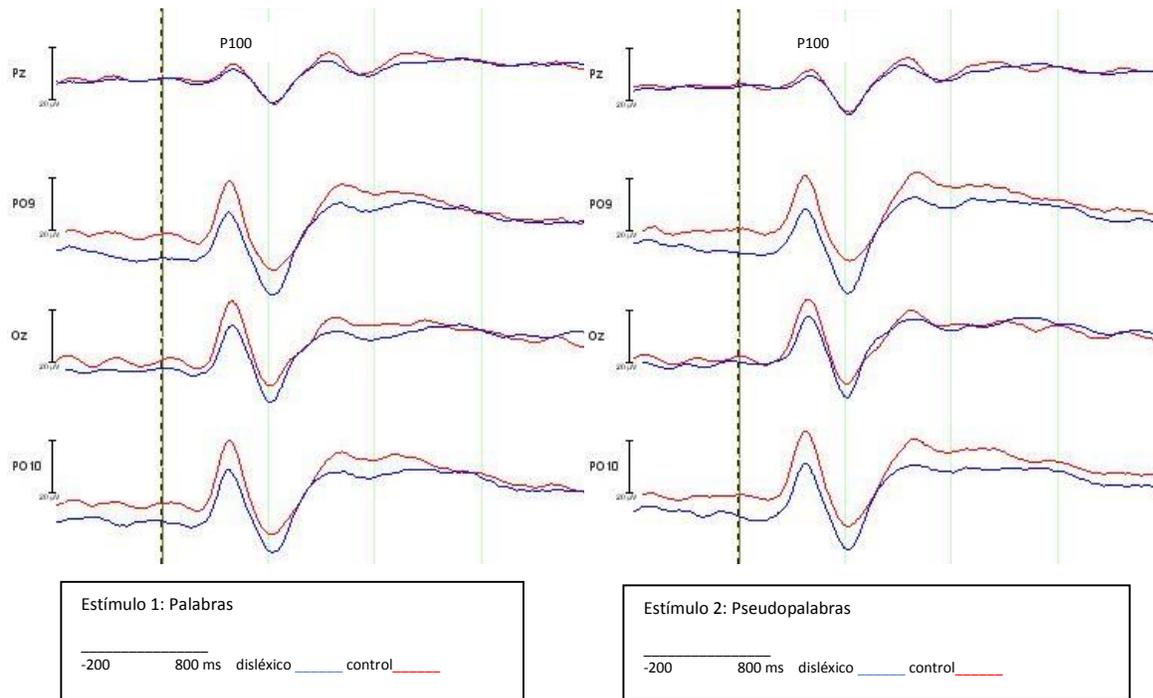


Figura 23. Comparación entre grupos Tarea DL-P100 estímulos 1 (palabras) y 2 (pseudopalabras). Polaridad negativa hacia abajo. Elaboración propia basada en los datos obtenidos con el software BrainVision Analyzer.

A nivel descriptivo se encontró una diferencia de aproximadamente de 10 mv entre las amplitudes de los disléxicos y los controles ante el estímulo 1 en los electrodos PO9, PO10 y Oz.

Se encontraron mayores diferencias en las medias de amplitud entre el procesamiento de pseudopalabras entre disléxicos y controles, que en el procesamiento de palabras.

Las medias y desviaciones estándar de la amplitud de los disléxicos fueron similares en el estímulo 1 (palabras) y en el estímulo 2 (pseudopalabras).

En el caso de los controles, las medias de amplitud del estímulo 2 (pseudopalabras) fueron mayores que las del estímulo 1 (palabras).

Se encontró una desviación estándar de 25.65 para la latencia del electrodo Pz en el estímulo 1 en el grupo de los disléxicos, frente a una de 16.69 para el estímulo 2.

- Tarea DL-N200

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas en TP10 entre los dos grupos para ambos estímulos, con mayor amplitud en los disléxicos, ($p < 0.01$). Se encontró así mismo, una

diferencia estadísticamente significativa de mayor amplitud en los disléxicos, que en los controles, para TP9 tanto en el estímulo 1 (palabras), como en el 2 (pseudopalabras). ($p < 0.05$) pero hubo una diferencia estadísticamente significativa entre los grupos solamente para Oz en el estímulo 1 ($p < 0.05$), de mayor amplitud en los disléxicos (ver figura 24). Arrojó valores de la media de amplitud superiores para el procesamiento de palabras (estímulo 1) en los disléxicos que en los controles.

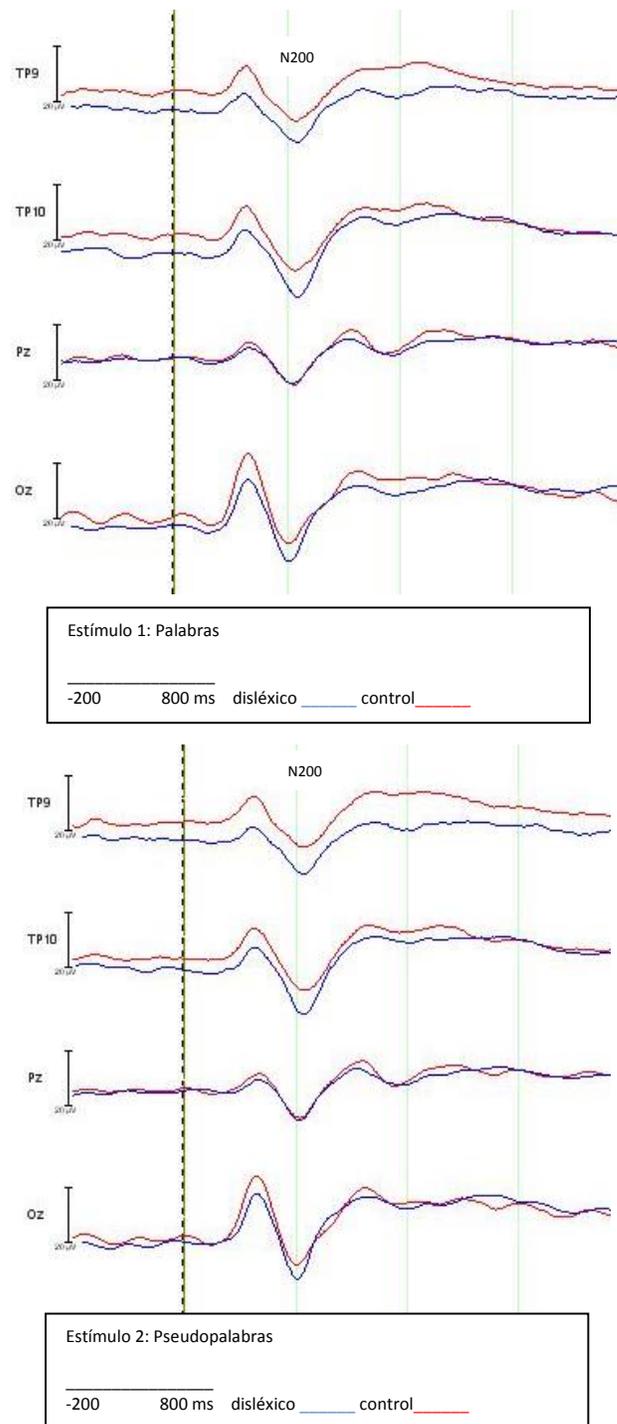


Figura 24. Comparación entre grupos Tarea DL-N200 estímulo 1 (palabras) y 2 (pseudopalabras). Polaridad negativa hacia abajo. Elaboración propia basada en los datos obtenidos con el software BrainVision Analyzer

- Tarea DL-P300

No se encontró diferencia estadísticamente significativa entre los disléxicos y controles en los dos estímulos en cuanto a amplitud. Ni dentro los controles entre los dos estímulos.

En el electrodo P7, para el estímulo 2 (pseudopalabras) entre disléxicos y controles se encontró diferencia estadísticamente significativa ($p < 0.05$), debido a que hubo mayor amplitud en los controles (casi el doble) respecto al de los disléxicos.

Tarea DV

- Tarea DV-P100

Solo se encontró diferencia estadísticamente significativa en la amplitud del electrodo Oz (mayor en los controles) en el estímulo 1 (q) entre los dos grupos ($p < 0.05$). No se observaron diferencias marcadas entre las medias de los dos grupos para la latencia, ni para la amplitud de ningún electrodo (ver figura 25).

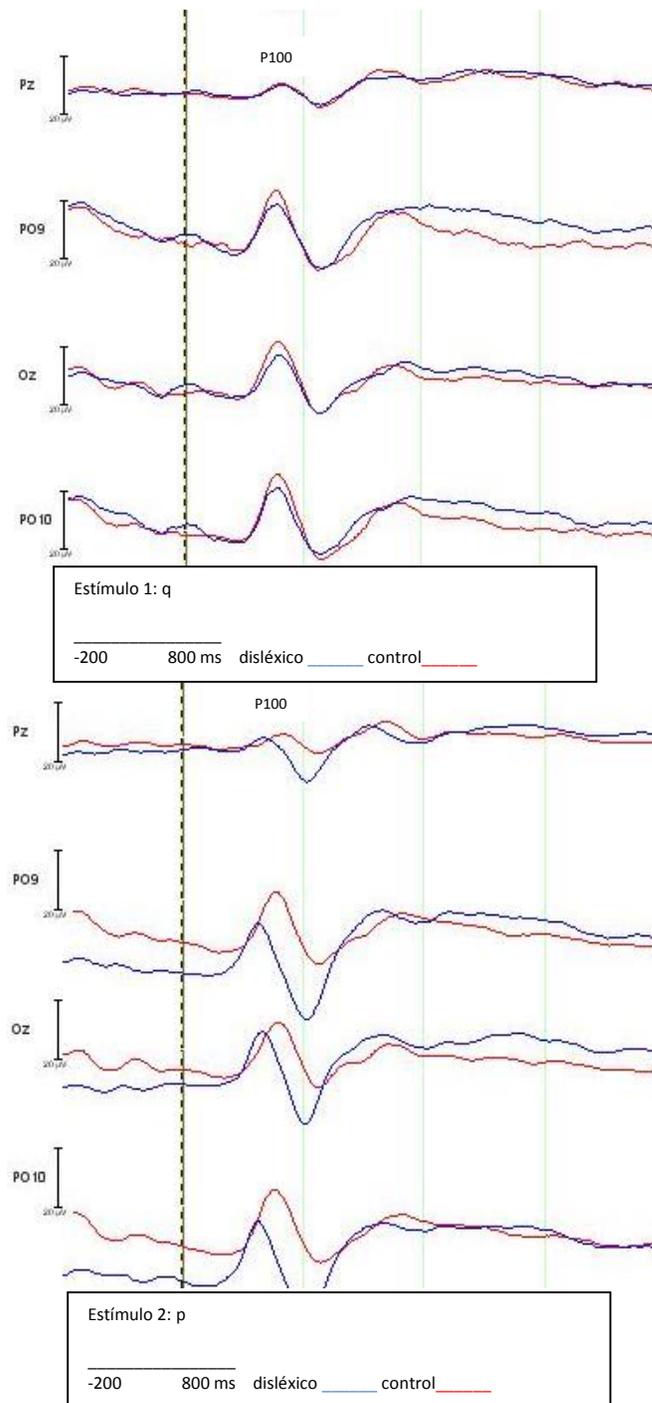


Figura 25. Comparación entre grupos, tarea DV-P100, estímulo 1 (q) y 2 (p). Polaridad negativa hacia abajo. Elaboración propia basada en los datos obtenidos con el software BrainVision Analyzer

- Tarea DV-N200

No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los estímulos de los dos grupos. A nivel descriptivo puede decirse que se presentaron amplitudes mayores en todos electrodos analizados tanto para los disléxicos, como para los controles en el estímulo 1 (q) comparado con el estímulo 2 (p). Las medias de los controles siempre fueron mayores que las medias de los disléxicos en cada uno de los estímulos. Sin embargo, las desviaciones estándar fueron mayores en los disléxicos

- Tarea DV- P300

No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los estímulos de los dos grupos. Sin embargo, se apreciaron mayores amplitudes en los controles, que en los disléxicos en ambos estímulos, en todos los electrodos, las desviaciones estándar también fueron muy similares.

Tarea Hertz

- Tarea Hertz-P100

Se encontró una diferencia estadísticamente significativa en la latencia del electrodo PO10 (más tardía) en el estímulo 1 (tono grave) entre los dos grupos. ($p < 0.05$) (ver figura 26).

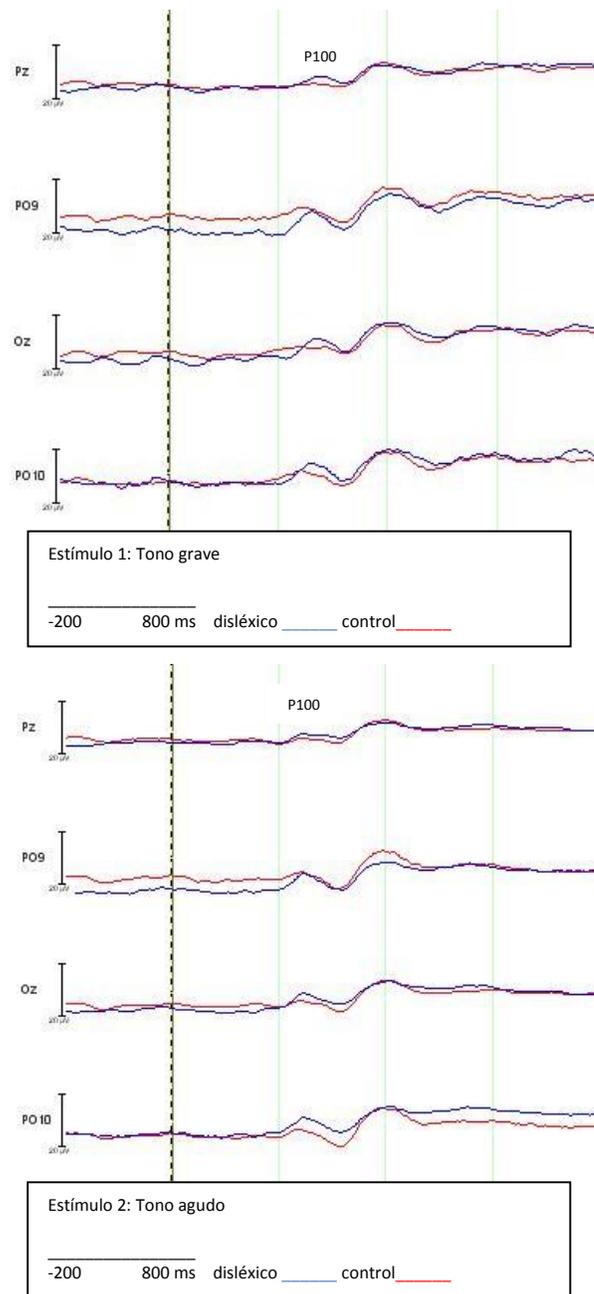


Figura 26. Comparación entre grupos. Tarea Hertz-P100 estímulo 1 (tono grave) y 2 (tono agudo). Polaridad negativa hacia abajo. Elaboración propia basada en los datos obtenidos con el software BrainVision Analyzer

Haciendo un análisis descriptivo, se observaron mayores amplitudes en el estímulo 1 (tono grave) con respecto al estímulo 2 (tono agudo) en ambos grupos. Los controles tuvieron mayores amplitudes que los disléxicos tanto en el estímulo 1, como en el estímulo 2.

- Tarea Hertz-N200

Se encontró diferencia estadísticamente significativa en la mayor amplitud del electrodo TP10 en el estímulo 2 (tono agudo), entre los dos grupos ($p < 0.05$) (ver figura 27).

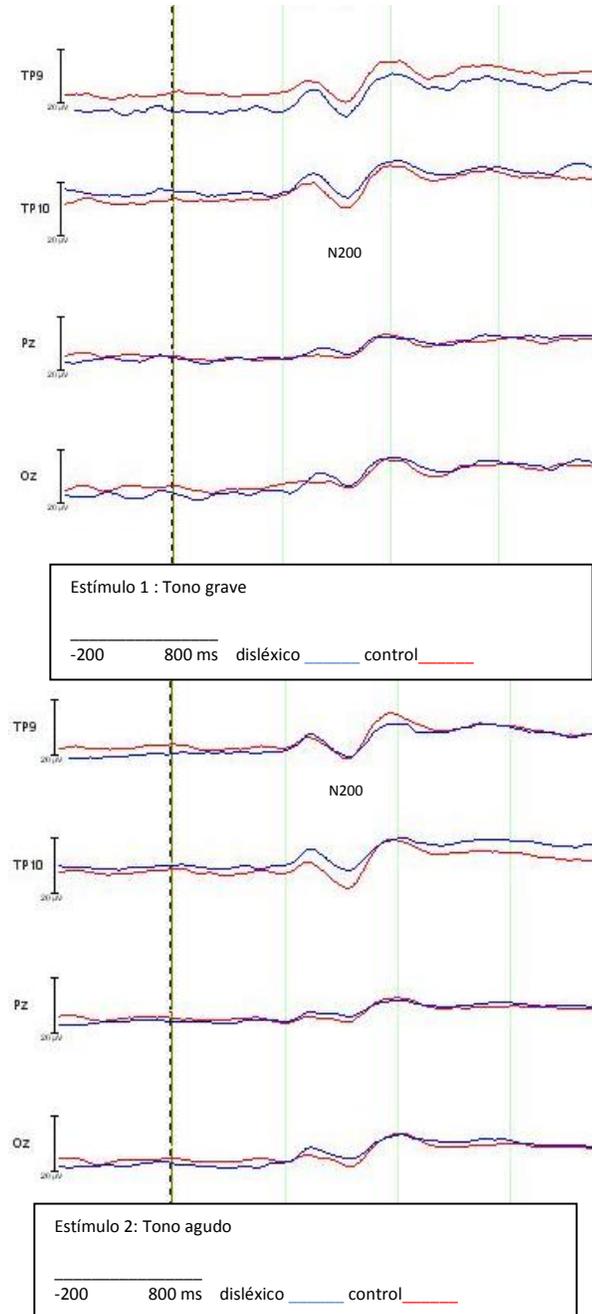


Figura 27. Comparación entre grupos. Tarea Hertz-N200. Estímulo 1 (tono grave) y 2 (tono agudo). Polaridad negativa hacia abajo. Elaboración propia basada en los datos obtenidos con el software BrainVision Analyzer

Haciendo un análisis descriptivo se encontró en Pz una diferencia llamativa entre las medias de amplitud de los controles en el estímulo 1 y 2, presentándose mayor amplitud en el estímulo 2 (tono agudo) que en el estímulo 1 (tono grave).

- Tarea Hertz-P300

No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los dos grupos en ninguno de los dos estímulos.

De acuerdo con el análisis descriptivo, fue mayor la amplitud de los controles y disléxicos en el estímulo 2 con respecto al estímulo 1, en general, en todos los electrodos.

Tarea Image

- Tarea Image-P100

No se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los dos grupos para ninguno de los dos estímulos.

Siguiendo los estadísticos descriptivos, se observó una media de amplitud mayor en el estímulo 2 (similar a T invertida) para el grupo control y el grupo de disléxicos en todos los electrodos, en comparación con el estímulo 1 (similar a L en espejo).

Así mismo, se observaron amplitudes mayores en el grupo control comparado con el grupo de disléxicos en cada estímulo.

- Tarea Image-N200

No se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los dos grupos para ninguno de los dos estímulos.

Descriptivamente, se puede decir que los disléxicos presentaron amplitudes mayores en todos los electrodos en comparación con los controles. La amplitud de ambos grupos fue menor en el estímulo 1 (similar a L en espejo) que en el 2 (similar a T invertida).

- Tarea Image-P300

No se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los dos grupos para ninguno de los dos estímulos.

De acuerdo con los estadísticos descriptivos, P8 y Pz presentaron amplitudes mayores en los controles, en el estímulo 1 (similar a L en espejo). Todos los electrodos presentaron amplitudes menores en el grupo de disléxicos en el estímulo 2 (similar a T invertida), con respecto al estímulo 1, con excepción del electrodo Pz, que mostró una amplitud un poco mayor.

8.3.3 Comparación entre estímulos por grupo

Tarea Bada

- Tarea Bada-P500

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre el estímulo 1 (ba) y 2 (da) en las medias de latencias de todos los electrodos, ($p < 0.01$), en el grupo de controles, siendo mayores para el estímulo 1 que para el 2. Mientras que en los disléxicos solo se presentó en el electrodo Pz una mayor latencia en el estímulo 1 que en el 2 ($p < 0.05$) como se muestra en la figura 28

En cuanto a las amplitudes, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los estímulos en los controles, pero sí se hallaron en los disléxicos, en los electrodos Oz ($p < 0.01$) y Pz ($p < 0.05$) con mayor amplitud en el estímulo 2.

A nivel descriptivo se apreciaron medias mayores en las latencias del estímulo 1 (ba), con respecto a las del estímulo 2 (da) en los controles y en los disléxicos. En cuanto a las amplitudes, se puede afirmar que se presentó una mayor amplitud en el estímulo 2 en los disléxicos, para los electrodos Oz y Pz específicamente.

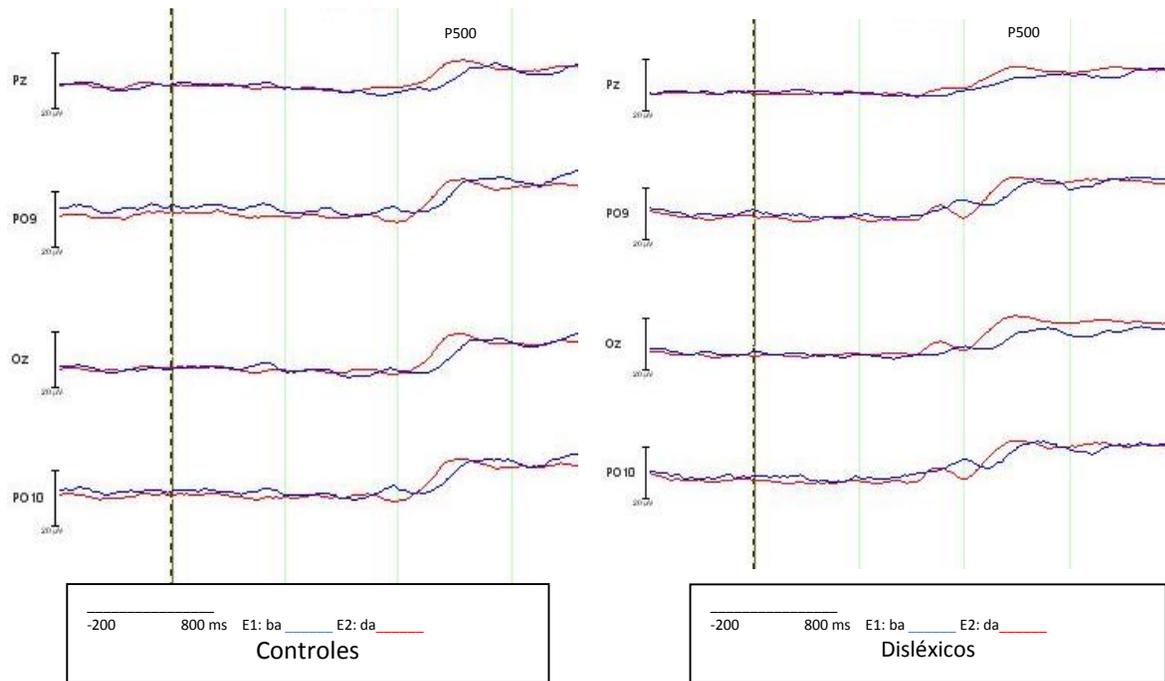


Figura 28. Comparación entre estímulos. Tarea Bada-P500. Controles y disléxicos. Polaridad negativa hacia abajo. Elaboración propia basada en los datos obtenidos con el software BrainVision Analyzer

Tarea DL

- Tarea DL-P100

No se encontraron diferencias estadísticamente significativas en las latencias del estímulo 1 (palabras) y 2 (pseudopalabras) en los controles, ni entre el estímulo 1 y 2 en los disléxicos.

En cuanto a la amplitud, si se encontró una diferencia estadísticamente significativa en el electrodo PO9 entre el estímulo 1 y 2 de los controles ($p < 0.05$), que consistió en mayor amplitud en el estímulo 2 que en el 1, como lo muestra la figura 29.

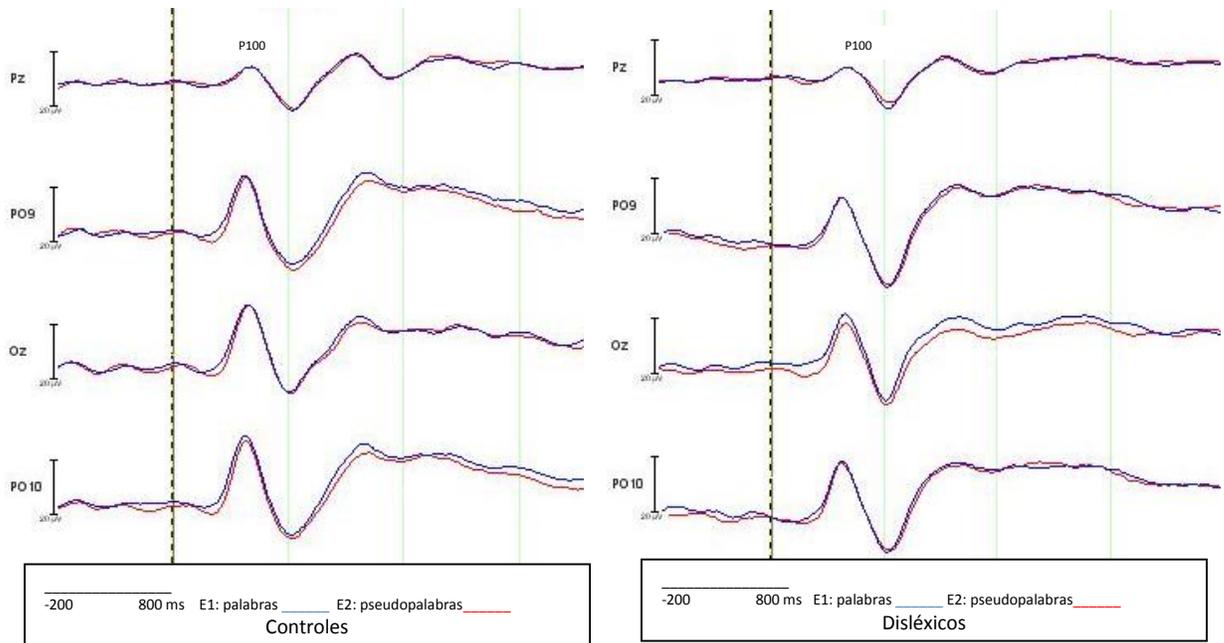


Figura 29. Comparación entre estímulos. Tarea DL-P100. Controles y disléxicos. Polaridad negativa hacia abajo. Elaboración propia basada en los datos obtenidos con el software BrainVision Analyzer

A nivel descriptivo se observaron medias mayores de latencia para el estímulo 1 (palabras) comparado con el estímulo 2 (pseudopalabras) en el grupo de disléxicos, con excepción del electrodo Pz, en donde el fenómeno fue inverso: mayor media de latencia en el estímulo 2 que en el estímulo 1.

- Tarea DL-N200

No se observaron diferencias estadísticamente significativas entre las latencias del estímulo 1 (palabras) y 2 (pseudopalabras) para los controles, pero en el caso de los disléxicos sí se observó mayor latencia en TP10 ($p < 0.01$) (ver figura 30).

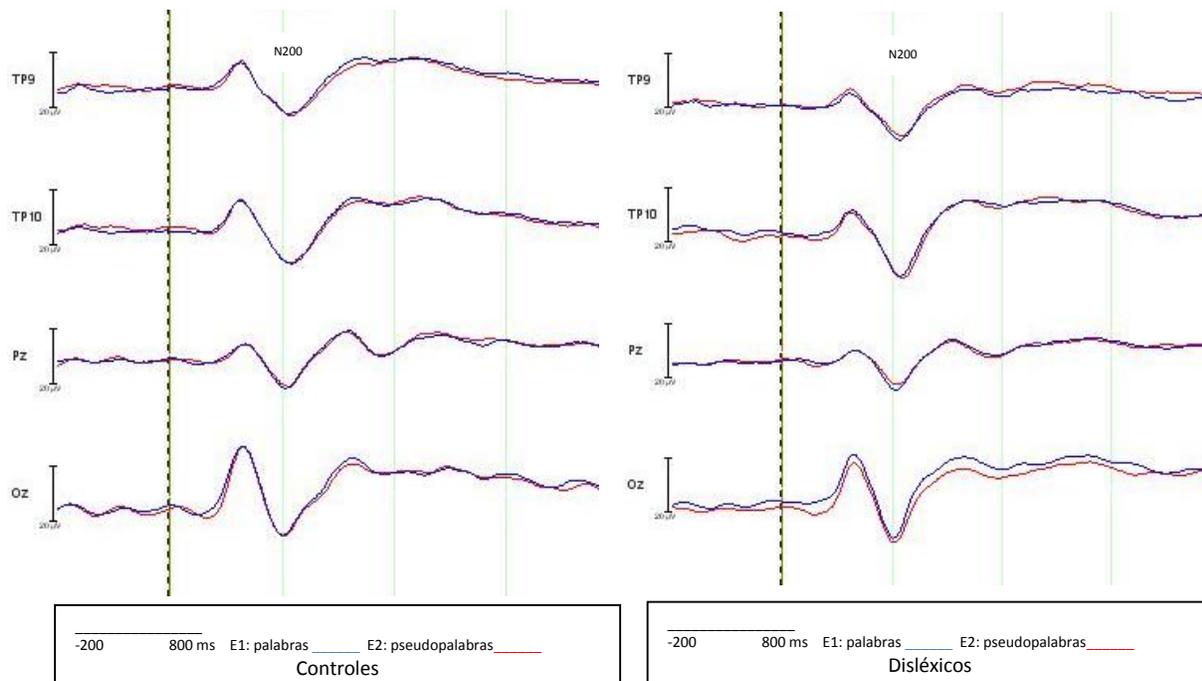


Figura 30. Comparación entre estímulos. Tarea DL-N200. Controles y disléxicos. Polaridad negativa hacia abajo. Elaboración propia basada en los datos obtenidos con el software BrainVision Analyzer.

En cuanto a las amplitudes, no se encontró ninguna diferencia estadísticamente significativa para ninguno de los dos grupos, en la comparación entre los dos estímulos.

A nivel descriptivo, se pudo ver que en los disléxicos las medias de latencia fueron mayores para el estímulo 1 que para el estímulo 2 y en el caso de las amplitudes, los valores fueron en general mayores para el estímulo 2 que para el 1 en todos los electrodos, con excepción del electrodo TP9.

En el caso de los disléxicos TP9 y Oz evidenciaron valores de media de amplitud más altos, que los otros dos electrodos (TP10 y Pz), para el segundo estímulo con respecto al primero.

- Tarea DL- P300

No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las latencias del estímulo 1 (palabras) y 2 (pseudopalabras) ni en el grupo control, ni en el grupo de disléxicos.

En cuanto a la amplitud, solamente se encontró una diferencia estadísticamente significativa entre la amplitud del estímulo 1 y 2 de los controles ($p < 0.05$) en el electrodo P7, mayor en el estímulo 2 (pseudopalabras) que en el 1 (palabras) como lo muestra la figura 31.

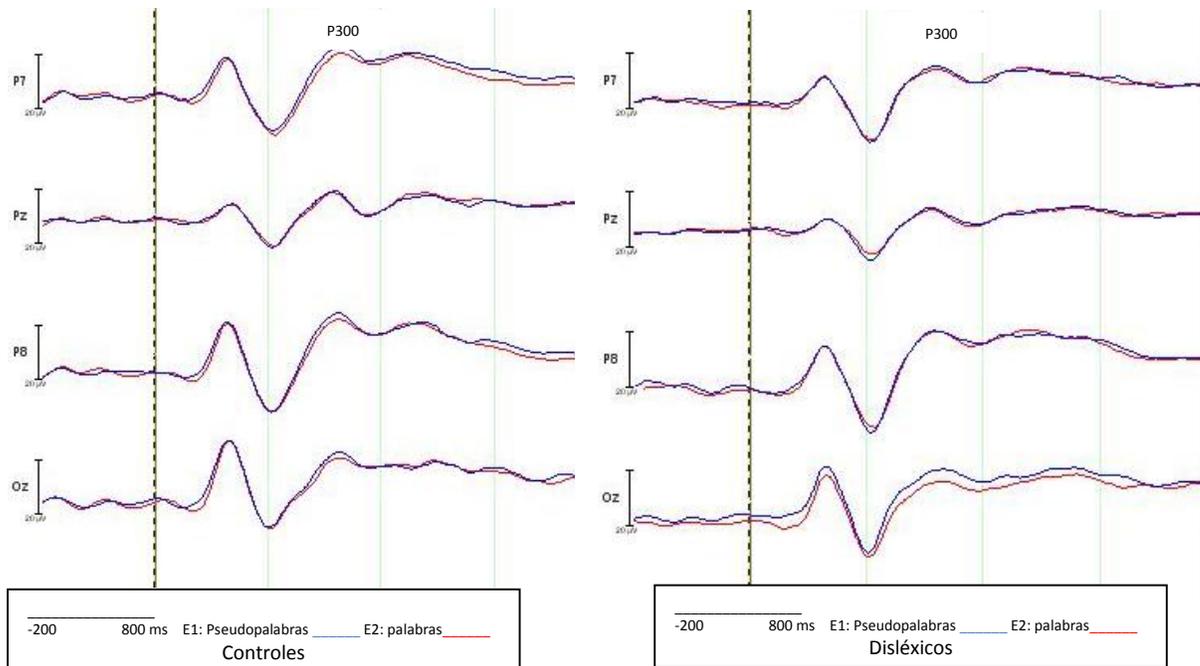


Figura 31. Comparación entre estímulos. Tarea DL- P300. Controles y disléxicos. Polaridad negativa hacia abajo. Elaboración propia basada en los datos obtenidos con el software BrainVision Analyzer

No se observó ninguna diferencia estadísticamente significativa entre los estímulos para el grupo con dislexia.

Realizando un análisis descriptivo, se observa que la media de latencia de Oz fue menor en el estímulo 2 (pseudopalabras) que en el 1 (palabras) y su desviación estándar tuvo el valor más alto, con respecto a los demás electrodos, en el grupo con dislexia.

Las medias de amplitud fueron mayores para el estímulo 2 que para el estímulo 1 en el grupo control. Esto mismo resultó verdadero para el grupo de disléxicos.

Tarea DV

▪ Tarea DV-P100

Se encontró una diferencia estadísticamente significativa en la comparación de latencia entre el estímulo 1 (q) y 2 (p) para el grupo control en el electrodo PO10 ($p < 0.01$), mayor en el estímulo 1, que en el 2 (ver figura 32). No se encontraron diferencias estadísticamente significativas en cuanto a latencia entre los dos estímulos para el grupo con dislexia. Tampoco se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los dos estímulos, en ninguno de los dos grupos, en cuanto a la amplitud de P100.

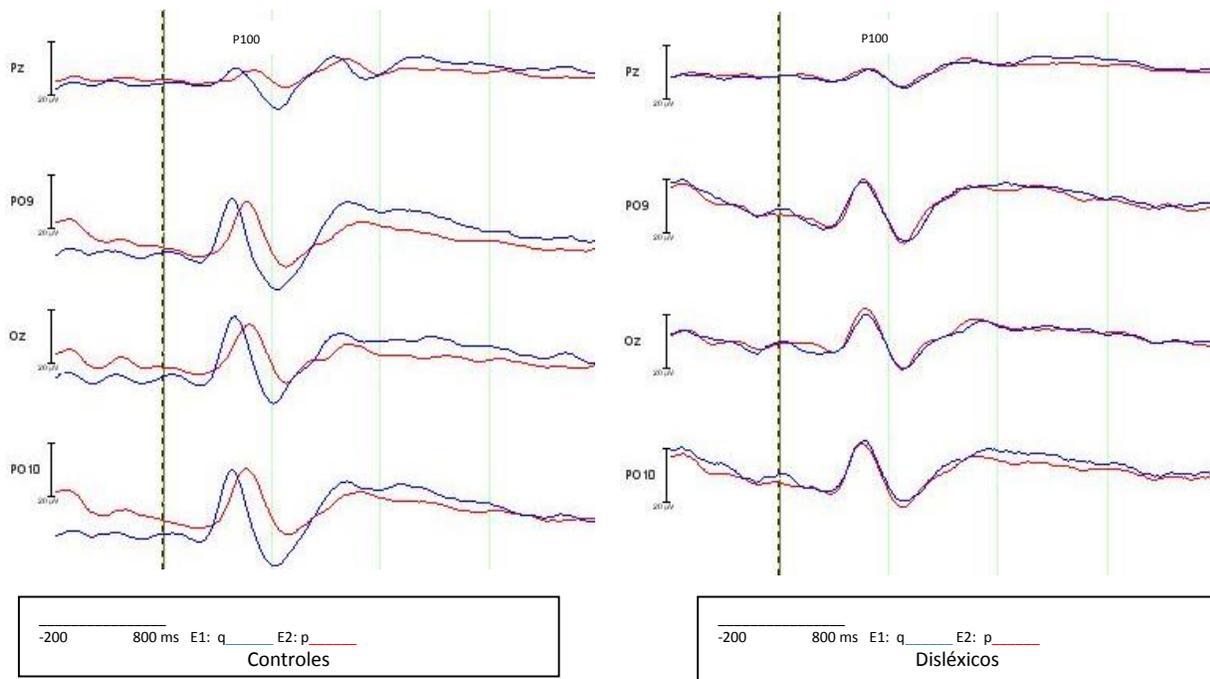


Figura 32. Comparación entre estímulos. Tarea DV-P100. Controles y disléxicos. Polaridad negativa hacia abajo. Elaboración propia basada en los datos obtenidos con el software BrainVision Analyzer

Siguiendo los estadísticos descriptivos, las medias de latencia fueron mayores en los electrodos PO10 y Pz para los controles, en el estímulo 1 (q). En el caso de los disléxicos, en general, las medias de latencia fueron mayores en el estímulo 2 (p) que en el 1 (q), con excepción del electrodo PO10, en donde se presentó una media mayor para el estímulo 1 que para el 2. De manera que este electrodo manifestó una latencia muy similar en los dos grupos de participantes. (157.06 ms en los controles y 158 ms en los disléxicos).

En el grupo control, se observó una desviación estándar alta (22.2) con respecto a las obtenidas en los demás electrodos para el electrodo Pz.

▪ Tarea DV-N200

En este componente se presentaron diferencias significativas estadísticamente en la comparación de los dos estímulos en el grupo control, en cuanto a la latencia del electrodo Pz ($p < 0.05$) (mayor en el estímulo 1 (q), que en el 2 (p)) y en cuanto a la amplitud de los electrodos TP9 y Pz ($p < 0.05$) (mayor en el estímulo 1) (ver figura 32). Siguiendo la figura 33, este fenómeno no se apreció en el grupo de disléxicos, en donde no se halló ninguna diferencia estadísticamente significativa en la comparación de la latencia y la amplitud de los estímulos.

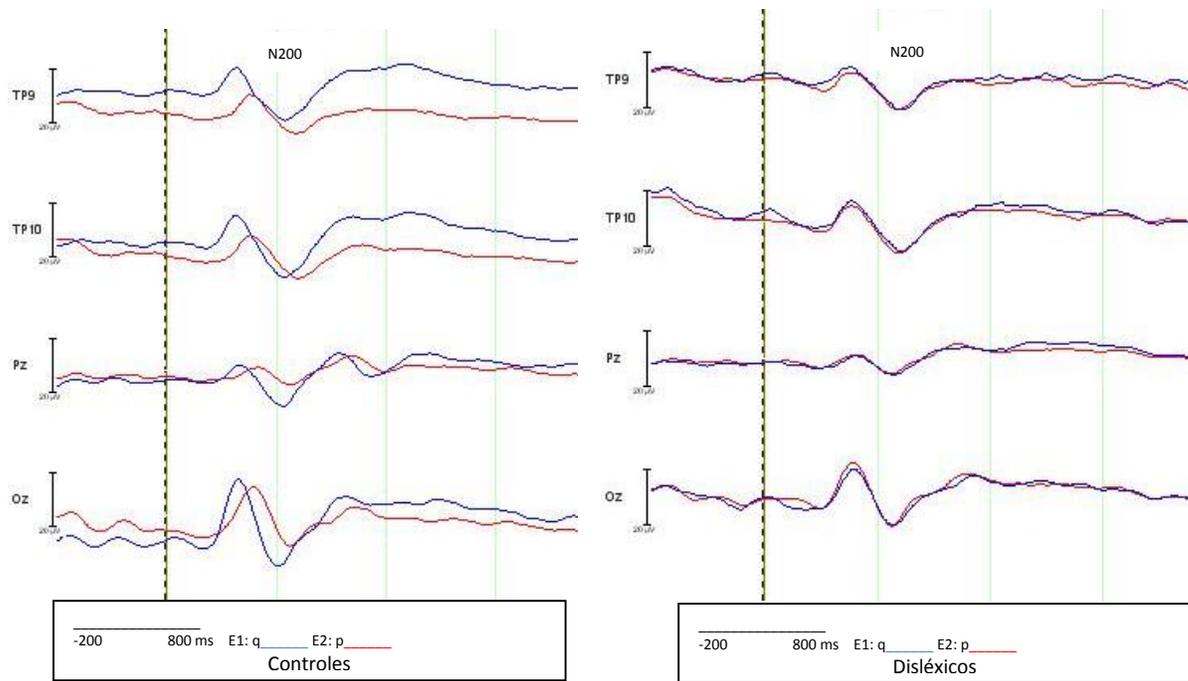


Figura 33. Comparación entre estímulos. Tarea DV-N200. Controles y disléxicos. Polaridad negativa hacia abajo. Elaboración propia basada en los datos obtenidos con el software BrainVision Analyzer

En general, las medias de latencia del estímulo 1 (q) fueron superiores a las medias de latencias del estímulo 2 (p) en el grupo control, con excepción del electrodo TP10 que tuvo un valor mayor en el estímulo 2.

En general, las medias de amplitud tuvieron valores más altos para el estímulo 1 que el 2 en ambos grupos. La desviación estándar del grupo control, para el electrodo TP9 en el estímulo 2 (29,6) fue alta en comparación con las obtenidas en los demás electrodos y con las del grupo con dislexia.

- Tarea DV-P300

No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre el estímulo 1 (q) y 2 (p) en ninguno de los dos grupos en cuanto a las medias de latencia. En cuanto a la amplitud, como se observa en la figura 34 se encontró una diferencia estadísticamente significativa ($p < 0.05$) entre los dos estímulos en el electrodo P8 (mayor en el estímulo 2 que en el 1) en el grupo control.

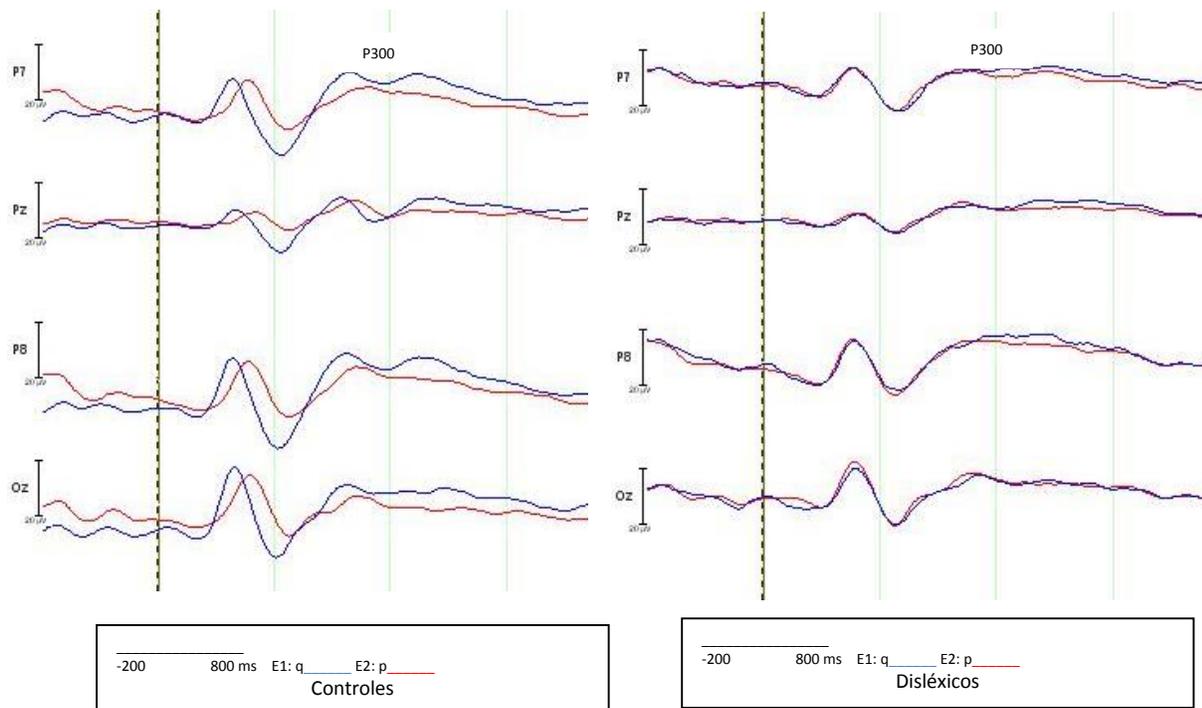


Figura 34. Comparación entre estímulos. Tarea DV-P300. Controles y disléxicos. Polaridad negativa hacia abajo. Elaboración propia basada en los datos obtenidos con el software BrainVision Analyzer

Se observaron medias de latencia más altas para el estímulo 2 (p) en el electrodo P7 y P8 en el grupo control. En el caso del grupo con dislexia las medias de todos los electrodos fueron más altas en el estímulo 2 (p) que en el 1 (q) con excepción del electrodo P7. Se presentaron desviaciones estándar altas para ambos grupos en el electrodo Oz en el estímulo 2.

En cuanto a la amplitud, se observaron medias mayores en el estímulo 2 que en el 1 en todos los electrodos para el grupo control. El fenómeno inverso se observó en el grupo de disléxicos, en donde las medias de amplitud fueron mayores para el estímulo 1 que para el estímulo 2.

Tarea Hertz

- Hertz-P100

En este componente no se presentaron diferencias estadísticamente significativas entre los estímulos para ninguno de los dos grupos en cuanto a latencias, ni amplitudes.

En general las medias de las latencias fueron mayores para el estímulo 1 (tono grave) que para el estímulo 2 (tono agudo), tanto para el grupo control como para el grupo con dislexia. Las desviaciones estándar de las medias de latencia y amplitud fueron mayores para el estímulo 1 que para el estímulo 2 en el grupo de los controles. En el caso del grupo con dislexia, las desviaciones estándar de las medias de latencia fueron mayores en el estímulo 2 (tono agudo) que en el

estímulo 1 (tono grave) y las medias de amplitud tuvieron el comportamiento contrario, fueron mayores en el estímulo 1 que en el estímulo 2.

▪ Hertz-N200

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las medias de latencia de los estímulos 1 (tono grave) y 2 (tono agudo) del electrodo TP10 en el grupo control ($p < 0.05$) (mayor latencia en el estímulo 1 que en el 2), mientras que en el grupo con dislexia no se encontró ninguna diferencia estadísticamente significativa entre los estímulos, en cuanto a latencia, como se puede observar en la figura 35.

En cuanto a amplitud, se encontró una diferencia estadísticamente significativa ($p < 0.01$) en el electrodo TP10 en el grupo control que tuvo mayor amplitud en el estímulo 2 (tono agudo), en la comparación entre los dos estímulos.

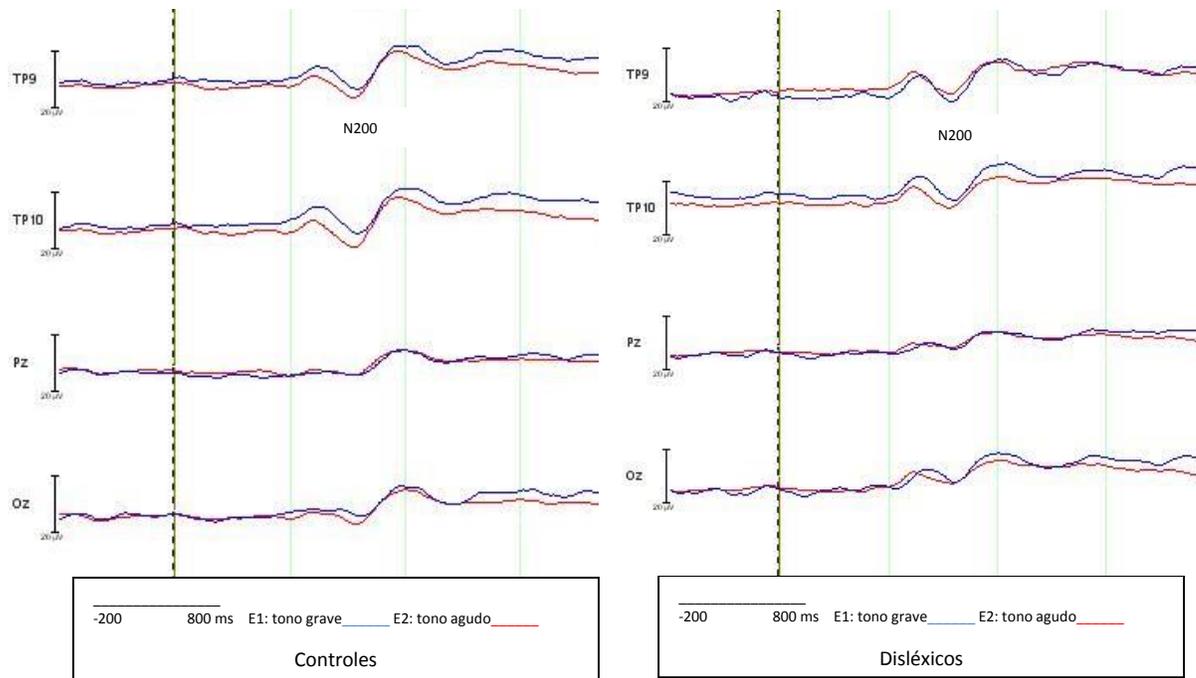


Figura 35. Comparación entre estímulos. Tarea Hertz-N200. Controles y disléxicos. Polaridad negativa hacia abajo. Elaboración propia basada en los datos obtenidos con el software BrainVision Analyzer

En general, las medias del estímulo 1 (tono grave) fueron más altas, para la latencia, en el grupo control y en el grupo con dislexia, que las del estímulo 2 (tono agudo). Pero en el caso de las desviaciones estándar estas fueron mayores en el estímulo 1 que en el 2, en el grupo control, mientras que en el grupo con dislexia, solamente esto fue cierto para el electrodo Pz.

Las medias de amplitud fueron mayores en el estímulo 2 en todos los electrodos con excepción de Pz para el grupo control y las desviaciones estándar del estímulo 1 fueron mayores con respecto a las del estímulo 2. En el grupo con dislexia, las medias de amplitud de TP9 y Pz fueron mayores en

el estímulo 1 que en el 2. Así mismo, las desviaciones estándar del estímulo 1 fueron mayores que las del segundo estímulo.

▪ Hertz-P300

No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los dos estímulos para ninguno de los dos grupos, en cuanto a latencia.

En cuanto a amplitud se presentó diferencia estadísticamente significativa entre el estímulo 1 (tono grave) y 2 (tono agudo) en el electrodo P7 para el grupo control, y en el electrodo P8 para el grupo con dislexia ($p < 0.01$), que consistió en mayor amplitud en el estímulo 1 que en el 2, como se puede ver en la figura 36.

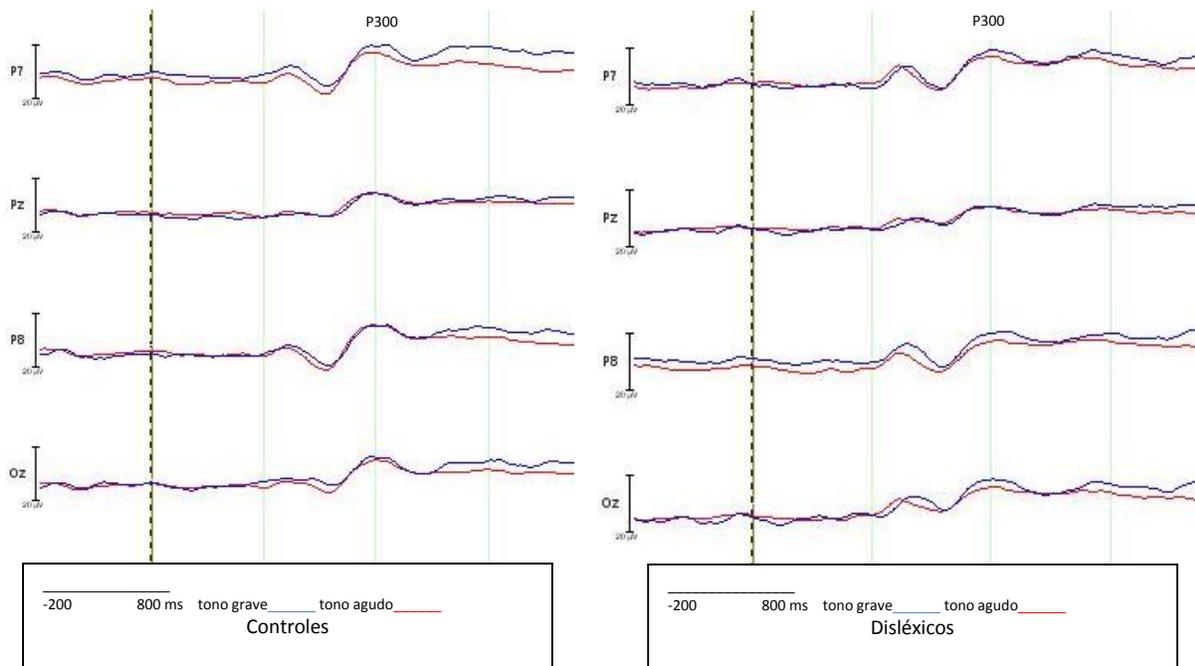


Figura 36. Comparación entre estímulos. Tarea Hertz-P300. Controles y disléxicos. Polaridad negativa hacia abajo. Elaboración propia basada en los datos obtenidos con el software BrainVision Analyzer

Las medias de latencia del estímulo 1 (tono grave) fueron mayores en el grupo control, respecto al segundo estímulo, mientras que el grupo con dislexia obtuvo latencias más prolongadas en los electrodos P7 y Oz en el estímulo 2 (tono agudo), con respecto al 1. Las desviaciones estándar del estímulo 2 fueron mayores que las del estímulo 1 en el grupo con dislexia.

En cuanto a la amplitud, se puede decir que las medias y desviaciones estándar del estímulo 1 fueron mayores que las del estímulo 2 en ambos grupos. Pero las desviaciones estándar del estímulo 2, en general fueron mayores para el grupo con dislexia.

Tarea Image

▪ Tarea Image-P100

En cuanto a latencia, se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre el estímulo 1 (similar a L en espejo) y 2 (similar a T invertida) para el electrodo Pz ($p < 0.05$) en el grupo control (mayor latencia en el estímulo 2) y para el electrodo PO10 y Oz, en el grupo con dislexia ($p < 0.05$) (mayor latencia en el estímulo 1). La figura 37 ilustra la comparación entre los estímulos para la tarea Image en el componente P100.

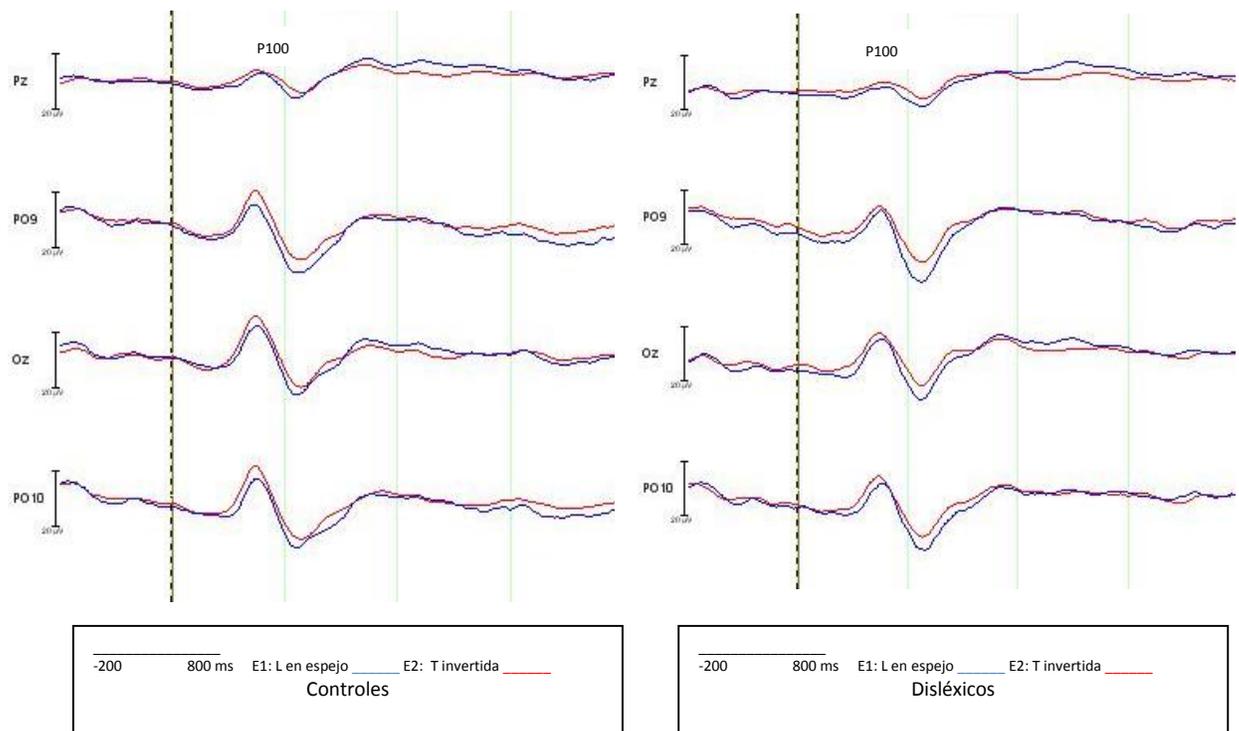


Figura 37. Comparación entre estímulos. Tarea Image-P100. Controles y disléxicos. Polaridad negativa hacia abajo. Elaboración propia basada en los datos obtenidos con el software BrainVision Analyzer

Se observó que las medias de latencia del estímulo 1 (similar a La en espejo) fueron en general mayores que las del estímulo 2 (similar a T invertida) para los controles, lo mismo ocurrió en el grupo con dislexia. Las desviaciones estándar del estímulo 1 comparado con el 2, fueron mayores en el grupo control, mientras que lo contrario ocurrió en el grupo con dislexia.

La amplitud no presentó ninguna diferencia estadísticamente significativa entre los estímulos de los dos grupos. Sin embargo, en general, las medias del grupo control y del grupo con dislexia, en

el estímulo 2 fueron mayores, que las del estímulo 1. No se observó una diferencia notoria en las desviaciones estándar.

▪ Tarea Image-N200

En cuanto a latencia, no se presentó ninguna diferencia estadísticamente significativa entre los dos estímulos para ninguno de los dos grupos.

De acuerdo con los estadísticos descriptivos, no existieron diferencias entre las medias de los estímulos al interior de cada grupo. Las desviaciones estándar del estímulo 2 fueron mayores que las del estímulo 1 en ambos grupos.

En cuanto a la amplitud, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los dos estímulos en el grupo control, mientras que sí se hallaron en el grupo con dislexia, para el electrodo TP9 y TP10 ($p < 0.05$), que consistieron en una mayor amplitud en el estímulo 2 que en el 1, como se observa en la figura 38.

Las medias de amplitud del estímulo 1 fueron mayores que las del estímulo 2 para ambos grupos, lo mismo sucedió con sus desviaciones estándar.

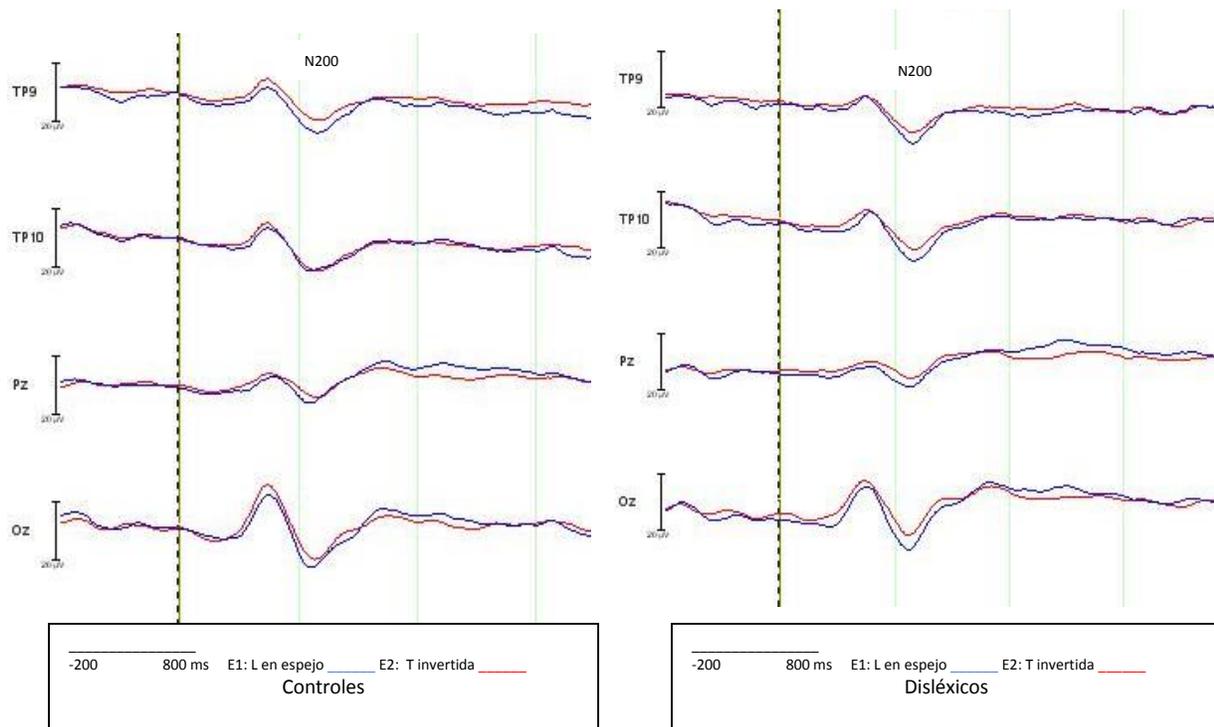


Figura 38. Comparación entre estímulos. Tarea Image-N200. Controles y disléxicos. Polaridad negativa hacia abajo. Elaboración propia basada en los datos obtenidos con el software BrainVision Analyzer

- Tarea Image-P300

En cuanto a latencia, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los dos estímulos para ninguno de los dos grupos. Sin embargo, de acuerdo con análisis descriptivo, el estímulo 1 (similar a L en espejo) en el grupo con dislexia presentó medias de latencias y desviaciones estándar mayores que el estímulo 2 (similar a T invertida). Este fenómeno se presentó solamente en los electrodos P7 y Oz del estímulo 1 en el grupo con dislexia. En general, las desviaciones estándar del estímulo 2 en el grupo con dislexia fueron mayores que las del estímulo 1. (Ver figura 39).

En cuanto a amplitud se encontró una diferencia estadísticamente significativa ($p < 0.01$) entre los dos estímulos para el grupo control en el electrodo Pz (mayor amplitud en el estímulo 1 que en el 2), sin embargo no se halló ninguna para el grupo con dislexia.

Las medias de amplitud tuvieron valores más altos en el estímulo 1 (similar a L en espejo) que en el estímulo 2 (similar a T invertida) para el grupo control y el grupo con dislexia, así mismo ocurrió con las desviaciones estándar.

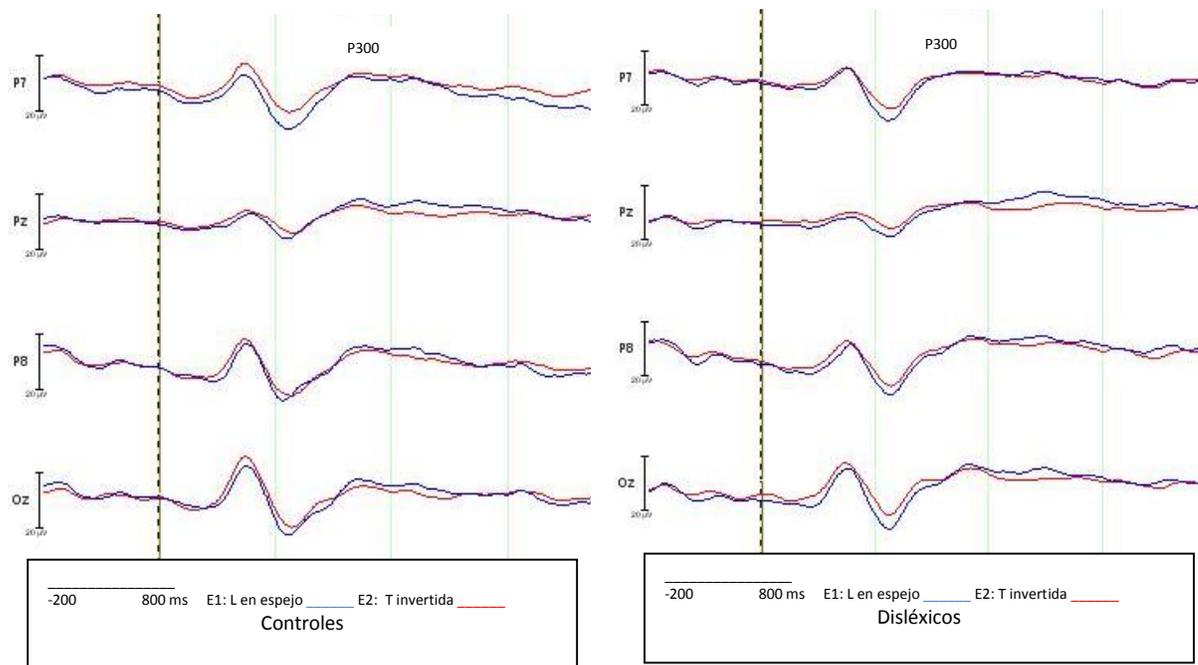


Figura 39. Comparación entre estímulos. Tarea Image- P300. Controles y disléxicos. Polaridad negativa hacia abajo. Elaboración propia basada en los datos obtenidos con el software BrainVision Analyzer

8.3.3 Comparación intramodal (visual o auditiva) entre tareas con estímulos lingüísticos y tareas con estímulos no lingüísticos

Comparación entre Bada y Hertz

- Tareas Bada y Hertz P300 y P500 (P300)

En general, las amplitudes no mostraron diferencias estadísticamente significativas entre los dos grupos, ni entre estímulos.

Como se observa en las figuras 40 y 41, las diferencias estadísticamente significativas se presentaron principalmente en la latencia de los electrodos Oz y Pz ($p < 0.01$), tanto para el estímulo 1 (ba/tono grave) como para el estímulo 2 (da/tono agudo), siendo mayores para los estímulos de Bada que para los de Hertz tanto para los controles como para los disléxicos. Se encontró mayor amplitud ($p < 0.05$) en el estímulo 2 que en el 1 en la comparación entre Bada y Hertz en el electrodo Oz, en el grupo de disléxicos.

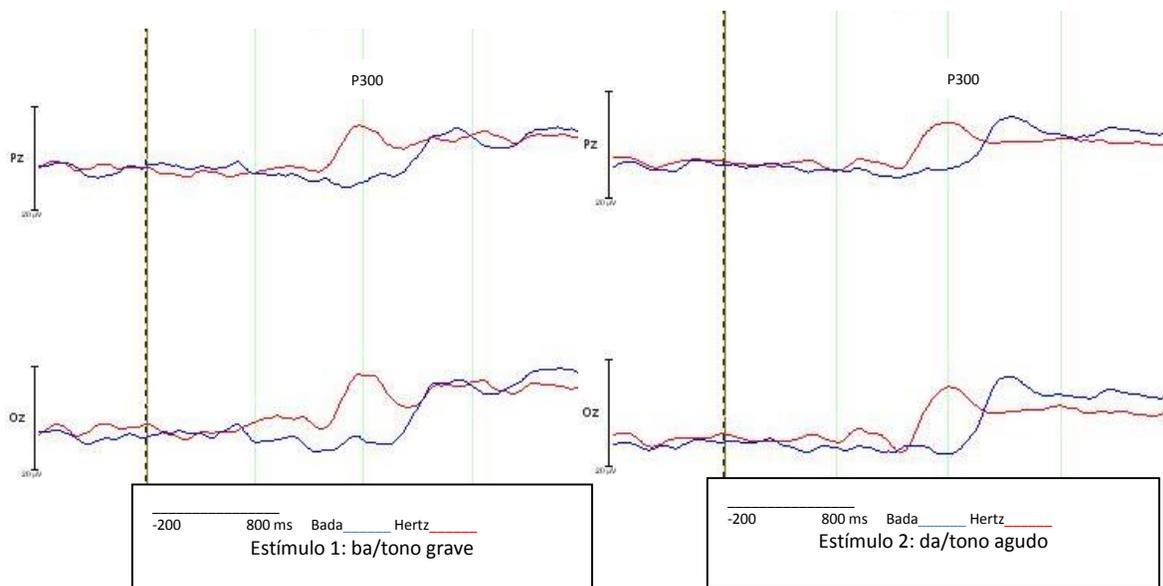


Figura 40. Comparación intramodal. Tarea Hertz y Bada-P300. Controles. Polaridad negativa hacia abajo. Elaboración propia basada en los datos obtenidos con el software BrainVision Analyzer

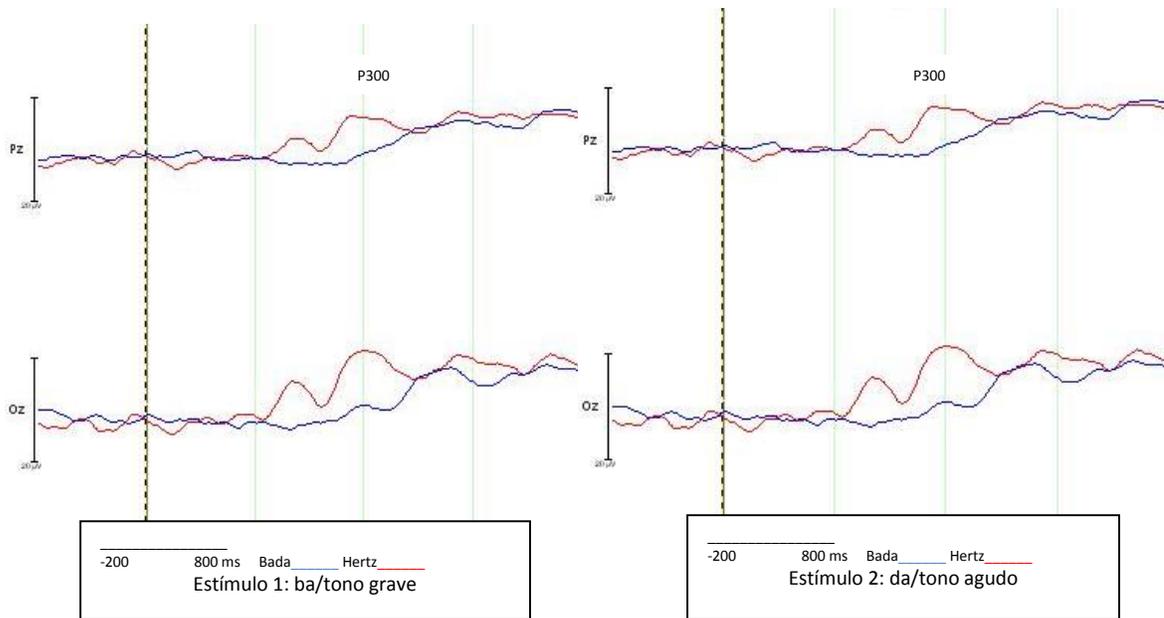


Figura 41. Comparación intramodal. Tarea Bada y Hertz-P300. Disléxicos. Elaboración propia basada en los datos obtenidos con el software BrainVision Analyzer

De acuerdo con los estadísticos descriptivos, en la tarea Hertz, la media de latencia de los controles en el electrodo Oz fue igual comparando los dos estímulos y en Pz presentó un valor ligeramente más alto en el estímulo 1 (tono grave) con respecto al estímulo 2 (tono agudo).

En la tarea Hertz, la media de latencia del electrodo Oz en el estímulo 2, para el grupo con dislexia, fue considerablemente mayor, con respecto a la del estímulo 1 en este mismo electrodo.

En la tarea Bada se presentaron medias de latencia mayores para los electrodos Oz y Pz en el estímulo 1 (ba) en comparación con el estímulo 2 (da) tanto en el grupo de disléxicos, como en el de controles.

Se encontró que las medias de amplitud fueron mayores en el electrodo Oz y Pz en el estímulo 2 que en el estímulo 1 en el grupo de disléxicos, mientras que esta diferencia no fue muy notoria en el grupo de controles.

En la tarea Bada las latencias de los controles resultaron ser más tardías que las de los disléxicos.

La latencia de Oz fue mayor en el grupo con dislexia que en el grupo control para el estímulo 2 en la tarea Hertz.

Las latencias de Oz fueron menores en los dos estímulos de las dos tareas (Bada y Hertz) para los controles. En el caso de los disléxicos las latencias fueron más cortas en Pz para los dos estímulos de las dos tareas.

Se observaron amplitudes mayores en Oz que en Pz para los dos grupos, en los dos estímulos de las dos tareas.

Comparación entre DV e Image

■ Tareas DV e Image- P100

Como se observa en la figura 42, se encontraron diferencias estadísticamente significativas en cuanto a latencia (mayor para la tarea DV que para Image) en los electrodos Oz y Pz en el estímulo 1 (similar a L en espejo/ q, $p < 0.05$) para el grupo de controles y diferencias estadísticamente significativas en los electrodos PO9 y Oz del estímulo 2 (similar a T invertida/ p) para este mismo grupo ($p < 0.01$) (mayor latencia para la tarea DV que para Image)

Como se observa en la figura 43, se hallaron diferencias estadísticamente significativas solamente en el estímulo 2 en los electrodos PO9 ($p < 0.05$) y Oz ($p < 0.01$) en cuanto a latencia en el grupo de disléxicos.

Se presentaron diferencias estadísticamente significativas en PO9 y Oz en cuanto a una mayor amplitud en el estímulo 1 ($p < 0.01$) para el grupo control solamente.

En el grupo de disléxicos se encontraron diferencias estadísticamente significativas en cuanto a mayor amplitud solamente para el estímulo 2, en el electrodo Oz ($p < 0.05$).

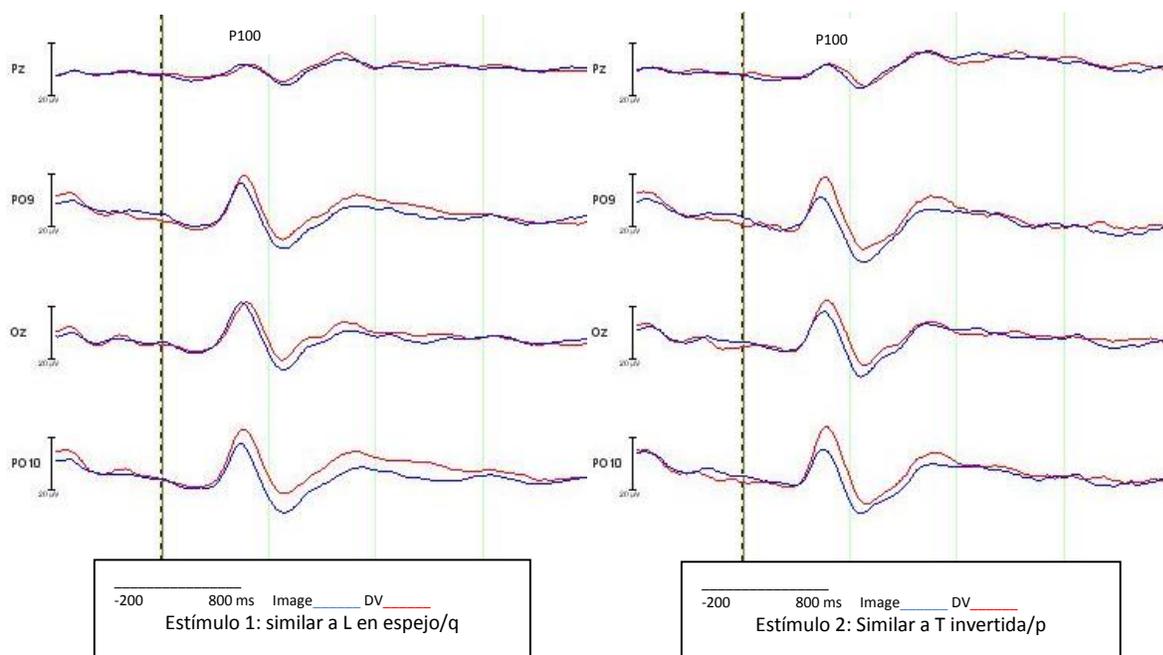


Figura 42. Comparación intramodal. Tarea DV e Image-P100. Controles. Polaridad negativa hacia abajo. Elaboración propia basada en los datos obtenidos con el software BrainVision Analyzer

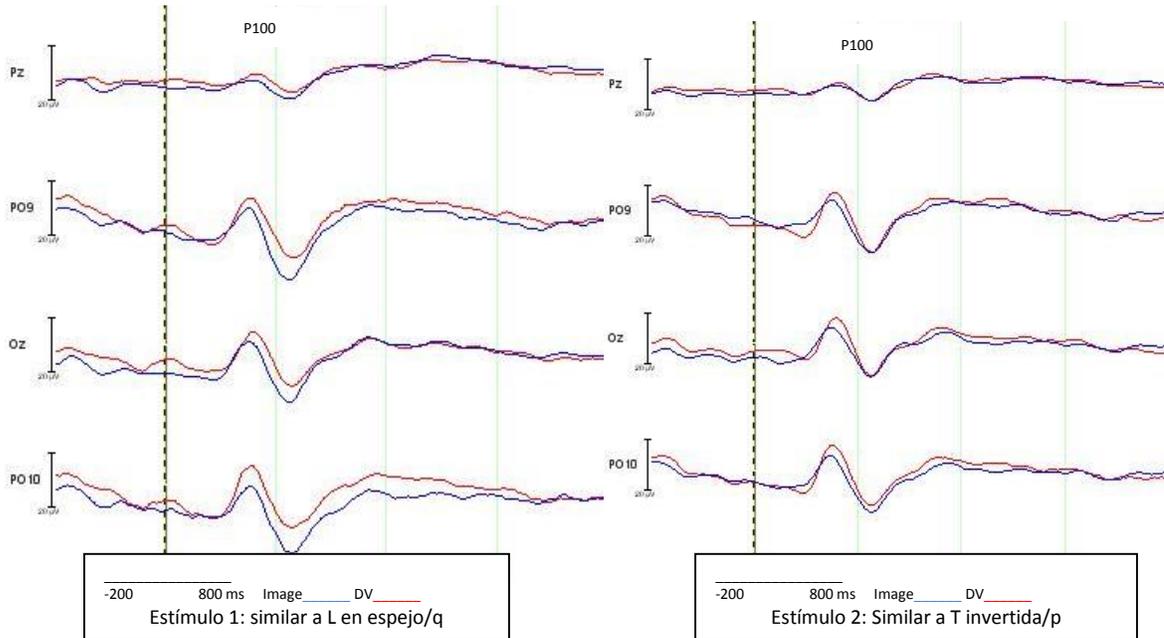


Figura 43. Comparación intramodal. Tarea Image y DV- P100. Disléxicos. Polaridad negativa hacia abajo. Elaboración propia basada en los datos obtenidos con el software BrainVision Analyzer

Haciendo un análisis descriptivo se puede decir que las amplitudes de los controles fueron mayores tanto para el estímulo 1 (similar a L en espejo/q) como el 2 (similar a T invertida/p) de las dos tareas.

Las latencias fueron más cortas para los controles que para los disléxicos en las dos tareas en los dos estímulos, en el electrodo PO9.

▪ Tareas DV e Image- N200

Siguiendo la figura 44, en este componente se presentaron diferencias estadísticamente significativas en la latencia del electrodo Pz, mayor para DV, ante el estímulo 1 (q) y menor ante el estímulo 2 (q) en el grupo control ($p < 0.05$). Adicionalmente, mayor latencia ($p < 0.01$) en el electrodo TP10 para DV, únicamente en la comparación del estímulo 2 (similar a T invertida/p), en este mismo grupo. No se hallaron diferencias significativas en cuanto a latencia de N200 para el grupo con dislexia (ver figura 45).

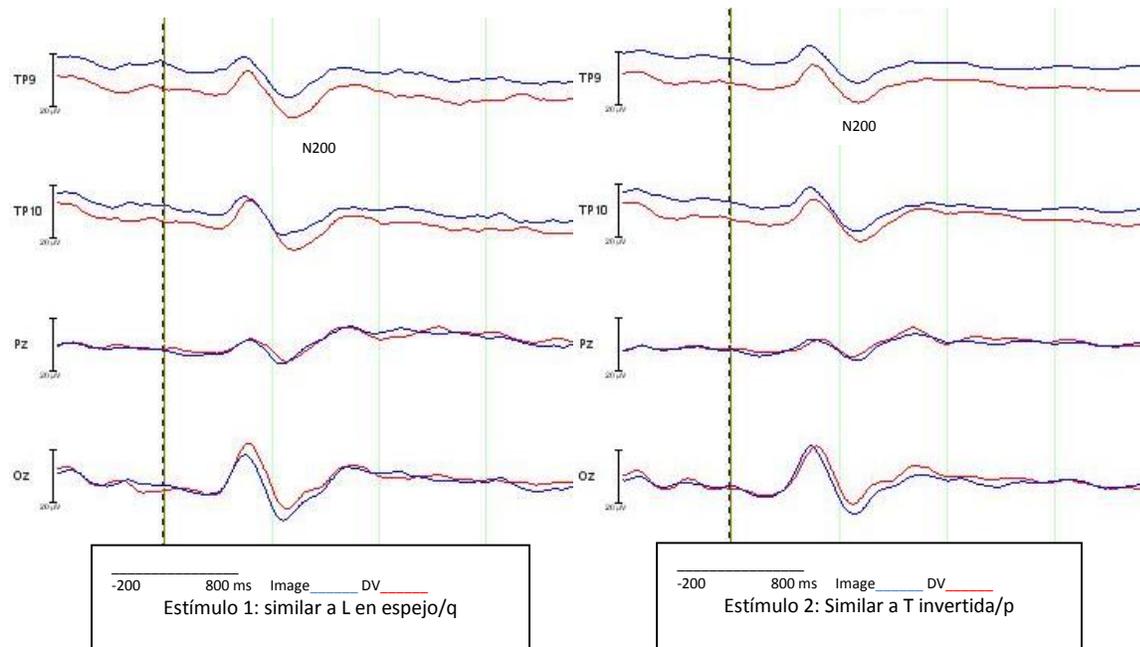


Figura 44. Comparación intramodal. Tarea DV e Image-N200. Controles. Polaridad negativa hacia abajo. Elaboración propia basada en los datos obtenidos con el software BrainVision Analyzer

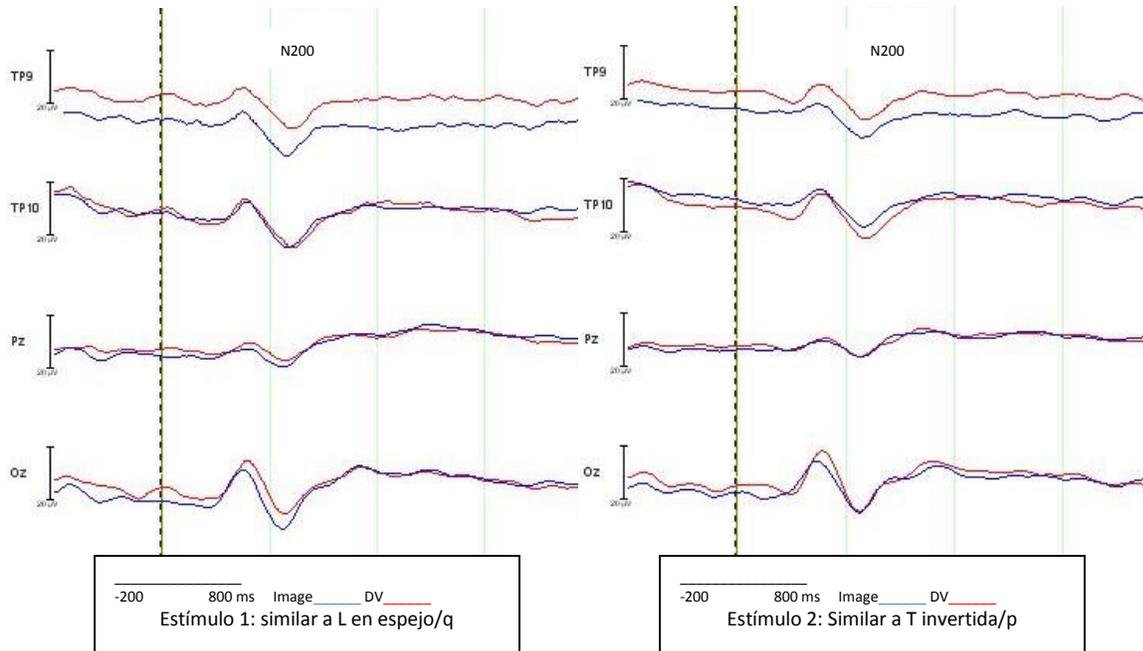


Figura 45. Comparación intramodal. Tarea DV e Image-N200. Disléxicos. Polaridad negativa hacia abajo. Elaboración propia basada en los datos obtenidos con el software BrainVision Analyzer

No se observaron diferencias estadísticamente significativas en cuanto a la amplitud, para ninguno de los dos grupos, en ninguno de los estímulos, de ninguna de las dos tareas.

Siguiendo los estadísticos descriptivos, las amplitudes mayores tanto para DV como para Image en el grupo de los disléxicos se presentaron en el electrodo Oz.

Se presentaron mayores amplitudes negativas en DV para los controles, mientras que se presentó mayor amplitud negativa en Image para los disléxicos en la mayoría de electrodos (TP9, TP10, y Oz). Las desviaciones estándar de las respectivas medias siguieron este mismo patrón.

Generalmente se presentó una amplitud mayor ante el estímulo 1 (similar a L en espejo/q) que ante el estímulo 2 (similar a T invertida/p) en ambos grupos en las tareas DV e Image.

- Tareas DV e Image- P300

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) en cuanto a mayor latencia en el electrodo Pz, en Image que en DV, ante el estímulo 2 (similar a T invertida), en el grupo de los controles (ver figura 46). Se encontró así mismo mayor latencia en este mismo electrodo (Pz) en Image en el estímulo 1 (similar a L en espejo) para el grupo de disléxicos ($p < 0.05$) (ver figura 47).

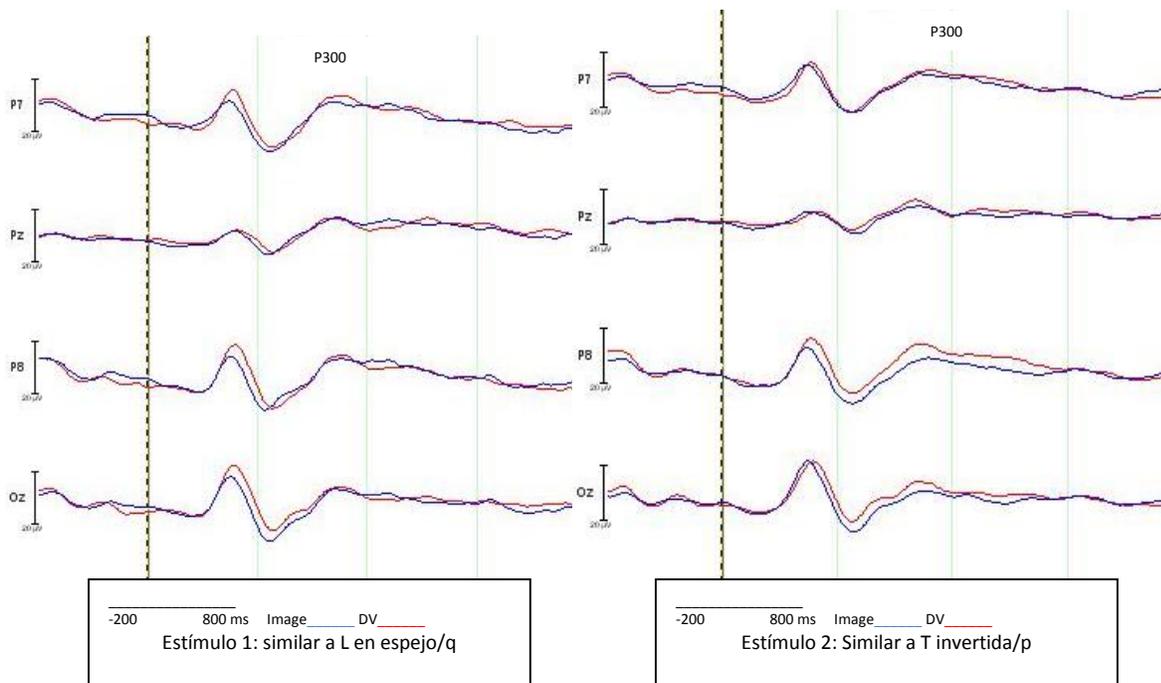


Figura 46. Comparación intramodal. Tarea DV e Image-P300. Controles. Polaridad negativa hacia abajo. Elaboración propia basada en los datos obtenidos con el software BrainVision Analyzer

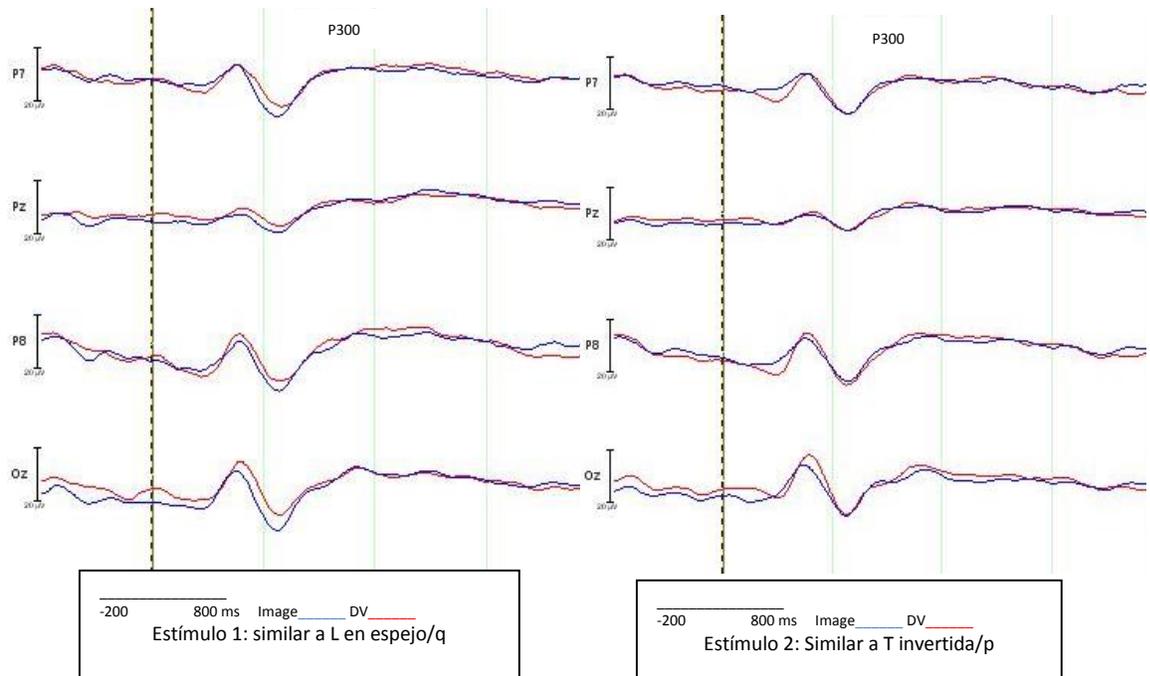


Figura 47. Comparación intramodal. Tarea DV e Image-P300. Disléticos. Polaridad negativa hacia abajo. Elaboración propia basada en los datos obtenidos con el software BrainVision Analyzer

De acuerdo con los estadísticos descriptivos, en DV se presentaron latencias más cortas para P7 y Oz en el estímulo 2 (p) del grupo de disléticos.

En el segundo estímulo (similar a T invertida), en el grupo de disléticos se presentaron desviaciones estándar bastante altas en la tarea Image, en comparación, con las del grupo de controles.

P8 y Pz presentaron menor amplitud en el estímulo 2 (p) de la tarea DV para los disléticos.

Se evidenciaron amplitudes menores en el electrodo Oz y Pz en el estímulo 2 de la tarea Image, en el grupo de controles.

Se presentaron mayores desviaciones estándar para el estímulo 1 en la tarea Image en el grupo control. Por otra parte, se presentaron mayores desviaciones en DV en el estímulo 2 en el grupo control.

8.3.4 Comparación Intermodal (visual-auditiva) entre tareas con estímulos no lingüísticos

Tareas Image y Hertz

- Tareas Image y Hertz-P100

Se presentaron diferencias estadísticamente significativas en latencia ($p < 0.01$) que fue mayor para todos los electrodos analizados: PO9, PO10, Oz y Pz, en los dos estímulos de los dos grupos, en la tarea Hertz, que en la tarea Image (ver figuras 48 y 49). Las medias y desviaciones estándar de Hertz fueron superiores a las de Image para el estímulo 1 y 2 en el grupo control y en el grupo con dislexia.

Se observaron mayores amplitudes de Image ($p < 0.01$) para el electrodo Oz en el estímulo 1 (similar a L en espejo), y para los electrodos PO10 y Pz ($p < 0.05$) en el estímulo 2 (similar a T invertida) en el grupo control. Así mismo ante el estímulo 2 en PO9 y en Oz se presentaron mayores amplitudes ($p < 0.05$) para el grupo con dislexia, en Image que en Hertz.

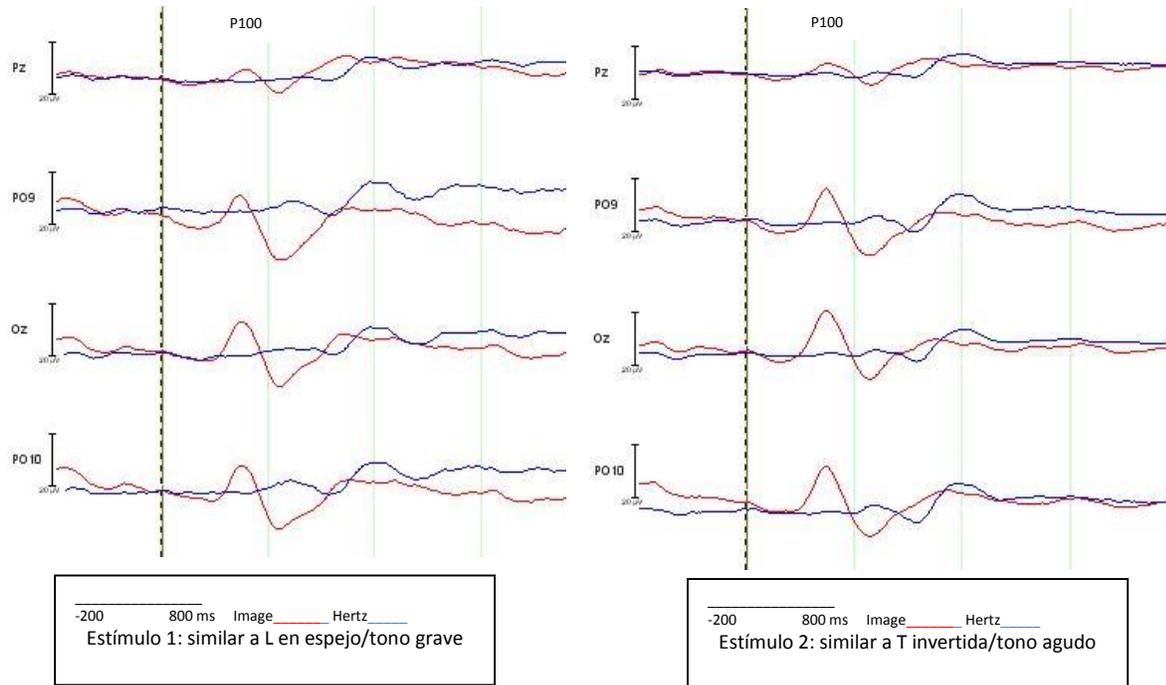


Figura 48. Comparación intermodal. Tarea Image y Hertz -P100. Controles. Polaridad negativa hacia abajo. Elaboración propia basada en los datos obtenidos con el software BrainVision Analyzer

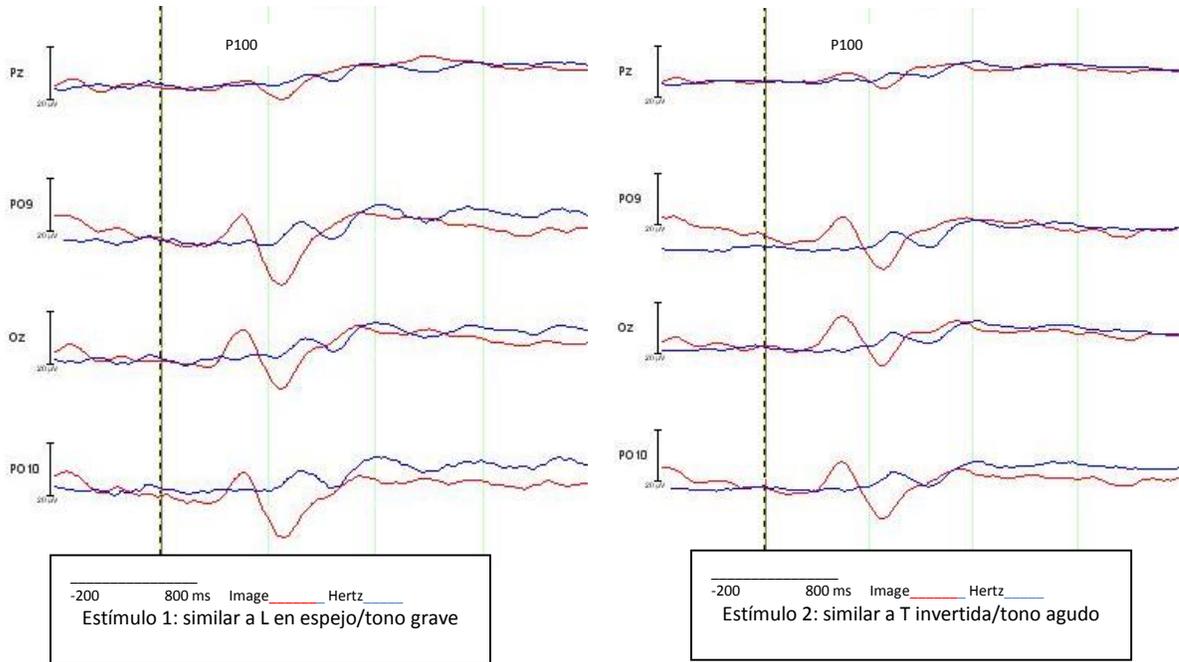


Figura 49. Comparación intermodal. Tarea Image y Hertz-P100. Disléxicos. Polaridad negativa hacia abajo. Elaboración propia basada en los datos obtenidos con el software BrainVision Analyzer

De acuerdo con un análisis descriptivo, las medias y desviaciones estándar de Image fueron superiores a las de Hertz en todos los electrodos. En el grupo con dislexia, puede decirse que se observaron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) en cuanto a amplitud solamente en el estímulo 2, en el electrodo PO9 y Oz, en el estímulo 2.

▪ Tareas Image y Hertz-N200

Se presentaron mayores latencias en Hertz que en Image ($p < 0.01$) en todos los electrodos analizados (TP9, TP10, Oz, Pz) tanto en el estímulo 1 (tono grave), como en el estímulo 2 (tono agudo) para el grupo control y el grupo con dislexia (ver figuras 50 y 51). Las medias de Hertz, fueron mayores que las de Image, así como sus desviaciones estándar especialmente en el estímulo 1 (tono grave) para los controles (ver figura 50).

En el grupo control, la amplitud del electrodo Oz fue significativamente mayor para Image con $p < 0.01$, tanto en el estímulo 1 (similar a L en espejo) como en el 2 (similar a T invertida), mientras que para Pz fue estadísticamente significativa con $p < 0.05$ (mayor amplitud para Image) en el estímulo 1, pero con $p < 0.01$ en el estímulo 2.

En el grupo con dislexia, se encontró mayor amplitud ($p < 0.05$) en Image que en Hertz para todos los electrodos de la comparación en el estímulo 1 (similar a L en espejo/tono grave), mientras que en el caso del estímulo 2 (similar a T invertida/ tono agudo), se halló $p < 0.01$ mayor para Image, que para Hertz, para los electrodos TP9, Oz y Pz, y $p < 0.05$ para el electrodo TP10.

Las medias de amplitud fueron más negativas en Image que en Hertz, tanto en el estímulo 1, como en el 2, de ambos grupos, a pesar de que las desviaciones estándar siguieron siendo, en general mayores para Hertz.

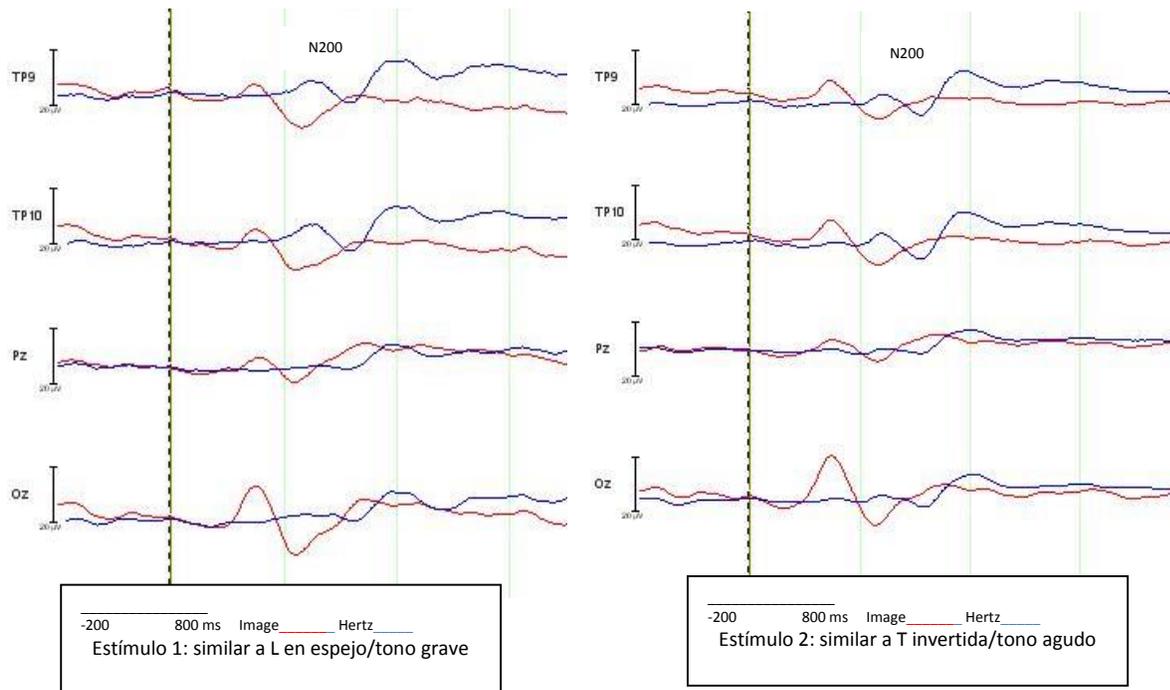


Figura 50. Comparación intermodal. Tarea Image y Hertz-N200. Controles. Polaridad negativa hacia abajo. Elaboración propia basada en los datos obtenidos con el software BrainVision Analyzer

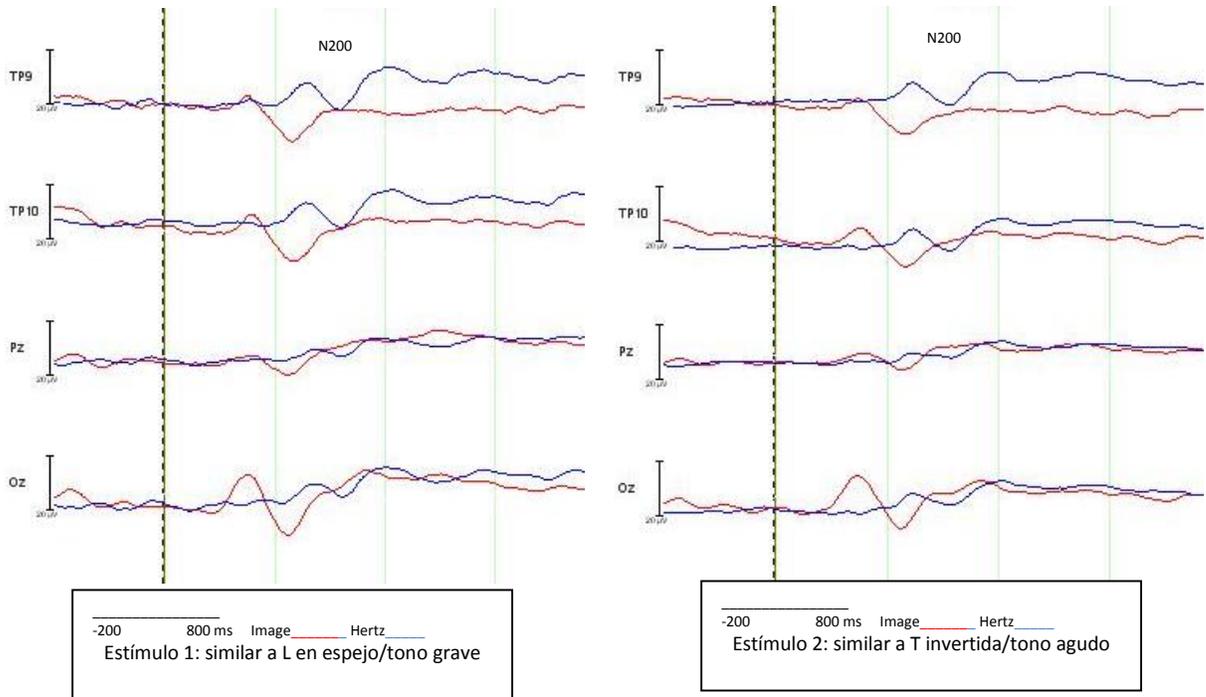


Figura 51. Comparación intermodal. Tarea Image y Hertz-N200. Disléxicos. Polaridad negativa hacia abajo. Elaboración propia basada en los datos obtenidos con el software BrainVision Analyzer

▪ Tareas Image y Hertz-P300

Se hallaron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.01$) en cuanto a latencia en todos los electrodos analizados: P7, P8, Oz y Pz, mayores para Hertz que para Image, tanto para el estímulo 1 (tono grave), como para el estímulo 2 (tono agudo), en el grupo control y en el grupo con dislexia (ver figuras 52 y 53). Las medias de Hertz nuevamente fueron mayores a las de Image, pero las desviaciones de Image en el estímulo 1 (similar a L en espejo) fueron ligeramente superiores a las de Hertz, mientras que en el estímulo 2 se mantuvieron (similar a T invertida, tono agudo) prácticamente iguales entre las dos tareas en el caso de los controles, mientras que en el caso de los disléxicos, las desviaciones estándar de Image fueron superiores a las de Hertz en ambos estímulos.

En cuanto a amplitud, esta fue mayor ($p < 0.05$) solamente para el electrodo P8, en Hertz, ante el estímulo 2 (tono agudo). Se evidenciaron nuevamente mayores las medias de Hertz, que las de Image para el grupo control (ver figura 52).

Seguendo la figura 53, en el grupo con dislexia se encontró diferencia estadísticamente significativa ($p < 0.05$) (mayor amplitud para Hertz), solamente para el electrodo P7, en el estímulo 1 (tono grave).

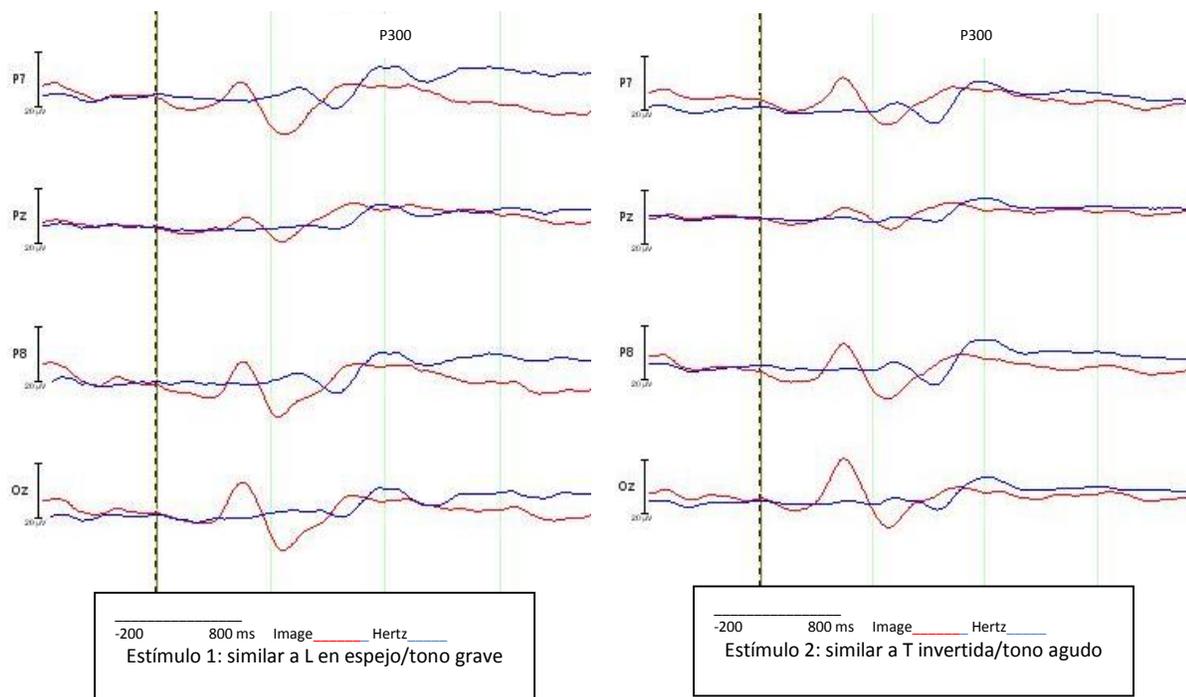


Figura 52. Comparación intermodal. Tarea Image y Hertz-P300. Controles. Polaridad negativa hacia abajo. Elaboración propia basada en los datos obtenidos con el software BrainVision Analyzer

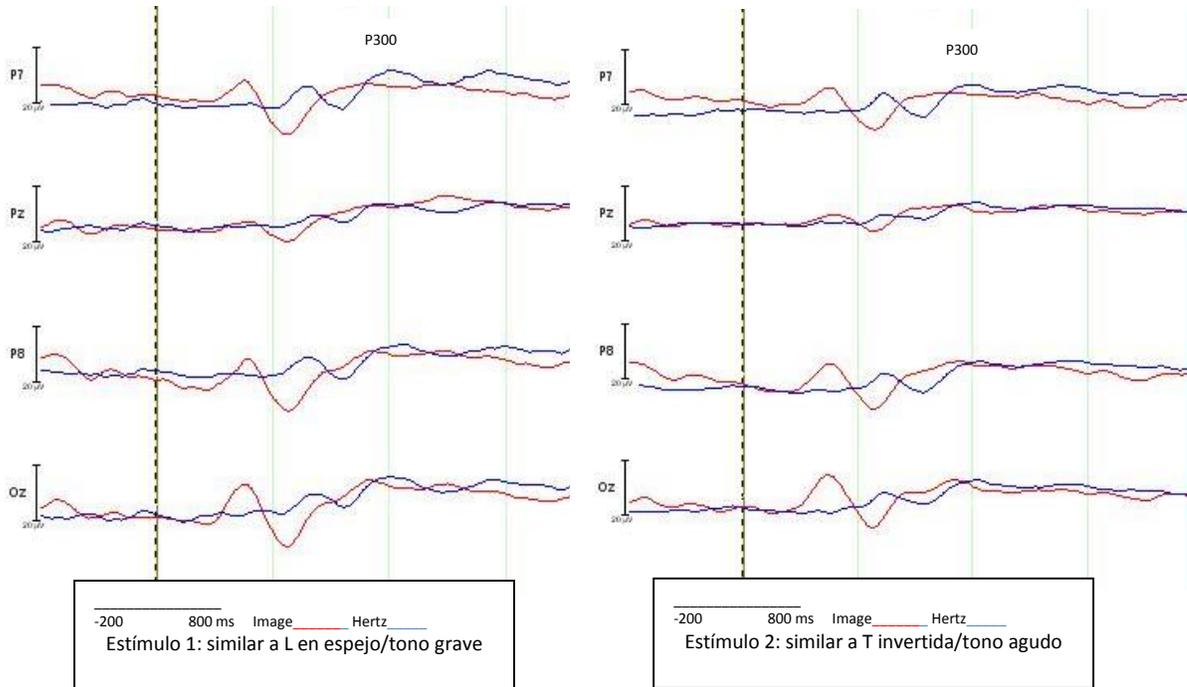


Figura 53. Comparación intermodal. Tarea Image y Hertz-P300. Disléxicos. Polaridad negativa hacia abajo. Elaboración propia basada en los datos obtenidos con el software BrainVision Analyzer

8.3.5 Comparación Intermodal (visual-auditiva) entre tareas con estímulos lingüísticos

Tareas DV y Bada-P300

Se encontraron latencias mayores tanto en el estímulo 1 (ba), como en el 2 (da) de Bada en comparación con DV (q y p respectivamente, $p < 0.01$) en los electrodos Oz y Pz, en el grupo control y en el grupo con dislexia. Estas diferencias estadísticamente significativas también fueron halladas para el estímulo 2 tanto en controles como en disléxicos.

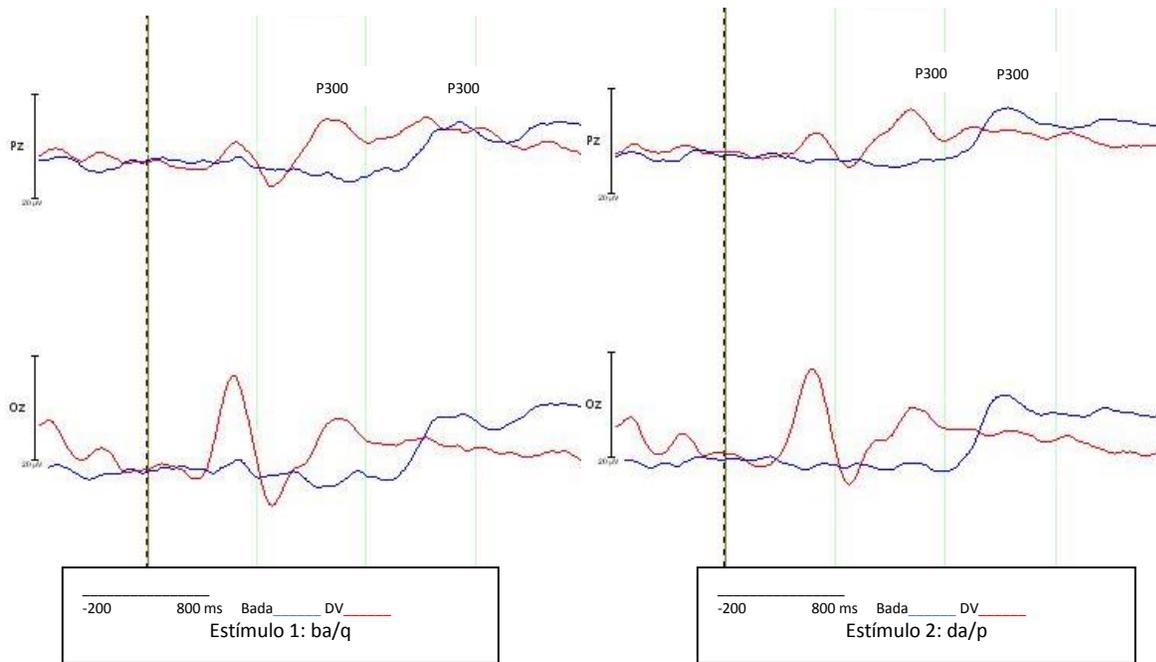


Figura 54. Comparación intermodal. Tarea DV y Bada-P300. Controles. Polaridad negativa hacia abajo. Elaboración propia basada en los datos obtenidos con el software BrainVision Analyzer

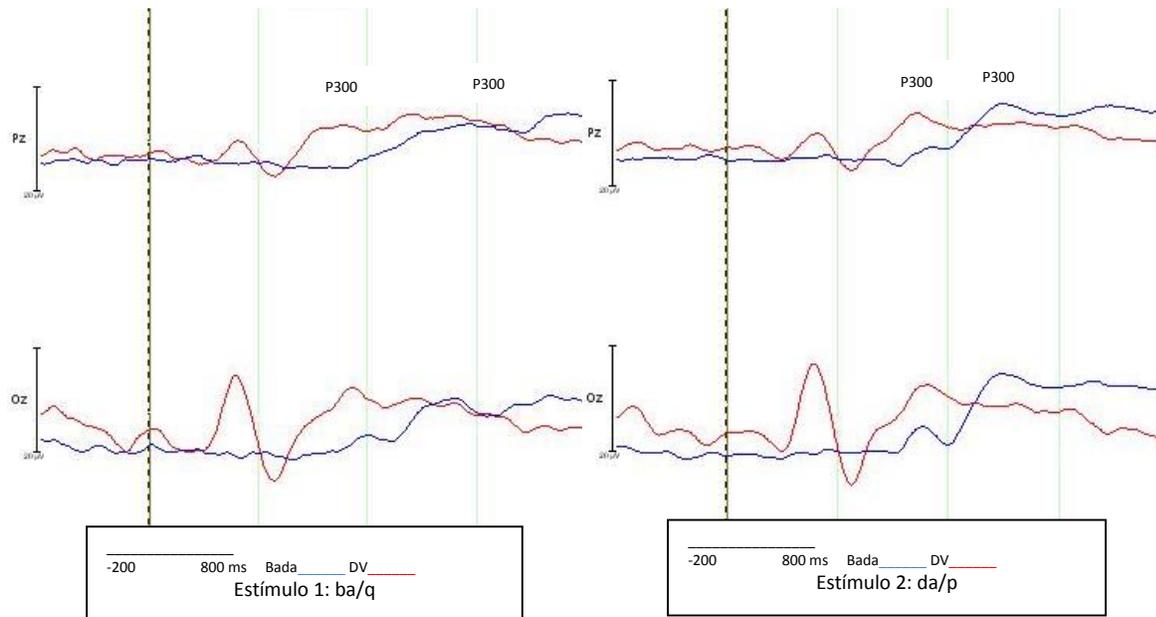


Figura 55. Comparación intermodal. Tarea DV y Bada-P300. Disléxicos. Elaboración propia basada en los datos obtenidos con el software BrainVision Analyzer

No se encontraron diferencias estadísticamente significativas en las amplitudes del estímulo 1 ni del estímulo 2 de ninguno de los dos grupos al comparar estas dos tareas.

Las medias de latencia de Bada, tanto en el estímulo 1 (ba) como en el estímulo 2 (da) fueron mayores, tanto en los controles como en los disléxicos, en comparación con las medias de latencia del estímulo 1 (q) y también del estímulo 2 (p) de DV (ver figuras 54 y 55). Los controles presentaron medias de latencias un poco mayores ante el estímulo 1 (q) de DV que los disléxicos. Mientras que sucedió lo contrario en el estímulo 2 (p), donde los controles presentaron medias de latencias menores en comparación con los disléxicos, en la tarea DV.

En el caso de Bada, los controles presentaron medias de latencias mayores en los electrodos Oz y Pz, ante el estímulo 1 (ba), mientras que las de los disléxicos fueron menores. Lo contrario sucedió ante el estímulo 2 (da).

Se presentaron desviaciones estándar de la media de latencia mayores en Oz y Pz ante el estímulo 2 (da/p) para el grupo de controles en la tarea DV y Bada en comparación con el estímulo 1 (ba/q) (ver figura 54). Esto también sucedió con el grupo con dislexia, en el electrodo Oz (ver figura 55).

En el caso de Bada, las desviaciones estándar también fueron mayores para el electrodo Oz en el estímulo 2 que en el estímulo 1 para los controles y en los disléxicos.

En cuanto a la amplitud se puede decir que en el caso del electrodo Oz, en el estímulo 2, en el grupo con dislexia hubo más desviación estándar que en el 1, para DV, pero para Bada, sucedió lo contrario, la desviación estándar fue mayor en el estímulo 1, en este grupo de participantes.

8.3.6 Diferencias entre las latencias de los componentes observados en las tareas

Se obtuvo la diferencia entre las medias de las latencias obtenidas entre los diferentes componentes (P300-N200; N200-P100; P700 (P500)-P500 (P300)), en las diferentes tareas con el fin de determinar un valor que diera cuenta del intervalo temporal (“temporal gap”) entre estos, como indicador de la transición entre las diferentes etapas de los procesos cognitivos que representa cada componente.

P300-N200

Al comparar los valores de las diferencias de latencias entre los grupos no se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas en los electrodos Oz y Pz que fueron analizados.

Al hacer un análisis descriptivo, se encontró una diferencia mayor en la media de latencia de P300-N200 de los controles en las tareas Hertz (estímulo 1: tono grave y 2: tono agudo), y DL (estímulo 1: palabra y 2: pseudopalabra) que en los disléxicos. Por otra parte, el valor más alto fue el de la tarea Image (estímulo 1: q) para los controles y disléxicos, y el menor, fue el de la tarea Hertz (estímulo 1: tono grave) en ambos grupos de participantes.

N200-P100

No se hallaron diferencias estadísticamente significativas entre los componentes para ninguna tarea, en los electrodos analizados (Oz y Pz). Al hacer un análisis descriptivo se encontró que las diferencias de las medias de latencia de N200-P100 para el electrodo Oz fueron mayores en los disléxicos para la tarea Image (estímulo 1: similar a L en espejo y 2: similar a T invertida) y para la tarea de decisión léxica (DL). En el resto de casos, los valores son mayores para el grupo de controles. Se encontraron así mismo, desviaciones más altas en el grupo control en el estímulo 2 de la tarea DV (p) y DL (pseudopalabras), y en el estímulo 1 (tono grave) de la tarea Hertz.

Por otra parte, los valores de latencias de Pz fueron ligeramente mayores para los controles que para los disléxicos en la tarea Hertz (estímulo 1: tono grave), Image (estímulo 2: similar a T invertida), DV (estímulo 1: q), y DL (estímulo 2: pseudopalabras).

P700-P500 (P300)

Para la tarea Bada se obtuvo la diferencia entre P700 y P500 (P300) entre los dos grupos de participantes. Este valor de latencia fue significativamente mayor ($p < 0.05$) en los disléxicos que en los controles, tanto para el electrodo Oz, como para Pz. La comparación descriptiva entre sus medias indica los mismos resultados. La tabla 15 detalla la información anteriormente explicada:

Tabla 15. *Diferencia de latencias P700 (P500)-P500(P300) en Bada*

Electrodo	Tarea	Controles		Disléxicos		p-Valor
		Media	Desviación estándar	Media	Desviación estándar	
Oz	AUDITIVA LINGÜÍSTICA (Bada) Estimulo 1	184.66	49.85	195.2	44.63	0.15
Pz	AUDITIVA LINGÜÍSTICA (Bada) Estimulo 1	171.86	36.28	199.2	31.40	0.02*

Fuente: Elaboración propia basada en los datos obtenidos con el software BrainVision Analyzer

8.3.7 Diferencias intramodales e intermodales entre las latencias de cada componente

No se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas en la comparación entre las latencias de las tareas Bada-Hertz, Image-DV, DV-Bada, ni entre pseudopalabras–palabras, para ningún componente, en Oz, ni en Pz. La única diferencia estadísticamente significativa hallada fue para el componente N200 y P300, en el electrodo Pz, en la comparación entre Image-DV en el estímulo 2 (similar a T invertida/ p) con $p < 0.05$.

A pesar de esto, si se realiza un análisis descriptivo se aprecian medias y desviaciones estándar mayores, en general, para el grupo con dislexia, que para el grupo control. La tabla 16 expone las diferencias estadísticamente significativas anteriormente mencionadas.

Tabla 16. *Diferencias entre tareas en el mismo componente*

Tarea	Pz		Disléxicos		p-Valor
	Controles		Desviación		
	Media	Desviación Estándar	Media	Desviación Estándar	
P300: AUDITIVA LINGÜÍSTICA (Bada)- AUDITIVA NO LINGÜÍSTICA (Hertz) Estimulo 1	157.73	33.62	154.00	52.20	1
P300: AUDITIVA LINGÜÍSTICA (Bada)- AUDITIVA NO LINGÜÍSTICA (Hertz) Estimulo 2	118.26	37.97	123.06	47.50	0.79
P100: VISUAL NO LINGÜÍSTICA (Image) - VISUAL LINGÜÍSTICA (DV) Estimulo 1	14.53	21.27	4.66	32.81	0.41
P100: VISUAL NO LINGÜÍSTICA (Image) - VISUAL LINGÜÍSTICA (DV) Estimulo 2	4.4	24.28	10.93	25.93	0.13
N200: VISUAL LINGÜÍSTICA (DV)-VISUAL NO LINGÜÍSTICA (Image) Estimulo 1	12.13	24.53	0.26	18.88	0.31
N200:VISUAL NO LINGÜÍSTICA (Image) - VISUAL LINGÜÍSTICA (DV) Estimulo 2	8.4	11.74	15.2	35.03	0.008*
P300: VISUAL LINGÜÍSTICA (DV)-VISUAL NO LINGÜÍSTICA (Image) Estimulo 1	3.86	34.85	21.86	39.12	0.16
P300: VISUAL LINGÜÍSTICA (DV)-VISUAL NO LINGÜÍSTICA (Image) Estimulo 2	26.53	37.59	0.80	25.73	0.02*

Fuente: Elaboración propia basada en los datos obtenidos con el software BrainVision Analyzer

9. Discusión y conclusiones

9.1 Discusión

Esta investigación se propuso **estudiar la velocidad de procesamiento de las modalidades visual-ortográfica y auditiva-fonológica, de niños con dislexia y sus respectivos controles por medio de la aplicación de tareas conductuales, que midieran el procesamiento de estímulos lingüísticos y no lingüísticos, visuales y auditivos, y ortográficos-fonológicos, con registro electrofisiológico simultáneo.** Para cumplir con tal propósito, se aplicaron en niños con diagnóstico de dislexia y sus controles, pareados por edad, sexo y escolaridad, cinco tareas conductuales con registro electroencefalográfico simultáneo: dos de modalidad visual dos de modalidad auditiva, con estímulos lingüísticos y no lingüísticos, y una tarea de decisión léxica entre palabras y pseudopalabras.

Tras la aplicación de estas tareas no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos, en cuanto a tiempos de reacción. Estos resultados se explican considerando la variabilidad interindividual del grupo diagnosticado con dislexia, con individuos provenientes de diferentes instituciones y en diferentes estadios relacionados con su dificultad de lectura y tratamiento. En oposición a estos hallazgos, sí se encontraron diferencias significativas en cuanto a precisión en el estímulo 1 de DL (palabras) y DV (q) y en el estímulo 2 de DL (pseudopalabras) ($p < 0.05$), con un mejor desempeño en el grupo control. Este resultado es muy valioso, pues explica que la mayor cantidad de errores cometidos por los niños con dislexia gira en torno a los estímulos del lenguaje y no a otro tipo de estímulos, lo cual delinea las características específicas de la dislexia de la muestra evaluada, situándolas en asociación con el déficit fonológico que subyace al trastorno de lectura (Matute et al., 2010).

En torno al segundo objetivo específico: **Determinar las diferencias existentes en la generación del componente P300 entre el grupo control y el grupo de niños con dislexia, seleccionados para la muestra, en cada una de las tareas propuestas.**

Al darle cumplimiento a este objetivo, mediante análisis estadístico, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la comparación entre los dos grupos en el componente P300. Sin embargo, al comparar entre estímulos por grupo, en la tarea Bada, se encontraron mayores latencias para el estímulo 1 (estímulo infrecuente: ba), que para el estímulo 2 (estímulo frecuente: da), en todos los electrodos analizados (PO9, PO10, Oz), en el grupo control, mientras que en los disléxicos solo se presentó mayor latencia en el electrodo Pz del estímulo 1. Esto quiere decir que en los controles hay un área cerebral más extensa, que demora más en procesar la información auditiva-fonológica cuando el estímulo es infrecuente (estímulo 1: ba), que cuando no lo es (el estímulo 2: da, que es frecuente; no llama la atención de los

participantes control) y esta discriminación del objetivo, usa un área cerebral menos extensa en los disléxicos. Lo anterior es importante analizarlo a la luz del objetivo de la tarea que es detectar los estímulos infrecuentes.

En el caso de la comparación intramodal auditiva, entre Bada y Hertz, el componente P300 aparece más tardíamente generado en Bada (de acuerdo con la latencia registrada por Oz y Pz) ante el estímulo 1 (ba) y 2 (da), es decir, P300 es más tardío ante los estímulos lingüísticos que ante estímulos no lingüísticos, en ambos grupos.

Cuando se compararon las tareas con estímulos lingüísticos auditivos (Bada) y estímulos lingüísticos visuales (DV), se hallaron latencias mayores de P300 para los estímulos auditivos que para los estímulos visuales, (de acuerdo con las mediciones de Oz y Pz) en los dos grupos. Este hallazgo, de la mano con el anterior, indica que toma mucho más tiempo el procesamiento de los estímulos auditivos que los visuales. Estos resultados son lógicos, dado que el participante debe escuchar inicialmente la totalidad del estímulo y posteriormente realizar una discriminación activa entre estímulos para dar una respuesta, de acuerdo con el diseño de las tareas de la investigación.

Al comparar entre estímulos por cada grupo, en la tarea Bada, se encontraron mayores amplitudes de P300 en los electrodos Oz y Pz, ante el estímulo 2 (da, infrecuente), en el grupo con dislexia, pero no en el grupo control. De manera que los niños con dislexia generaron amplitudes mayores ante los estímulos auditivos cuando fueron frecuentes, que cuando fueron infrecuentes, en comparación con los controles, donde no existió esta distinción. Esto indica que los niños con dislexia le prestan más atención a los estímulos frecuentes y por lo tanto, reclutan mayor número de células para su procesamiento. Este resultado es relevante, considerando que el objetivo de la tarea es la detección de los estímulos infrecuentes, no de los frecuentes.

En el caso de la tarea DL, los controles presentaron diferencias en el electrodo P7, que tuvo una mayor amplitud de P300 ante el estímulo 2 (pseudopalabras), que ante el estímulo 1 (palabras). Esto significa, que el grupo control, empleó una mayor población neuronal, localizada específicamente en el área de P7 (parietal izquierdo), que coincide con una región del sistema de lectura encargada del análisis ortográfico-fonológico (asociación grafema-fonema, área de Wernicke) en la que los disléxicos no presentaron una diferencia significativa en amplitud. De manera que, mientras que los controles hicieron una distinción activa (de acuerdo con los voltajes obtenidos) entre palabras y pseudopalabras, los disléxicos no la hicieron y por lo tanto lexicalizaron las pseudopalabras. Este resultado sugiere una dispersión del área de análisis ortográfico-fonológico, correspondiente al área de Wernicke, en los disléxicos, en comparación con los controles.

En la tarea Hertz, de procesamiento auditivo no lingüístico, los controles exhibieron una mayor amplitud en el electrodo P7 (hemisferio izquierdo) ante el estímulo 1 (tono grave), que ante el estímulo 2 (tono agudo), mientras que en los disléxicos, hubo más actividad en el electrodo P8 (hemisferio derecho), ante el estímulo 2 que ante el estímulo 1. De manera que la mayor actividad eléctrica se presentó para los controles en el hemisferio izquierdo, y ante el estímulo infrecuente, mientras que para los disléxicos, tuvo lugar en el hemisferio derecho y se presentó ante el estímulo frecuente. De acuerdo con la literatura, este hemisferio es el predominante en las operaciones cognitivas de los niños con dislexia, dado que su organización cerebral es diferente (Matute et al., 2010). Así mismo, este hallazgo reconfirma que los niños con dislexia

prestan mayor atención o dedican mayor esfuerzo a la identificación de los estímulos frecuentes (que no son el objetivo de la tarea) que a la de los infrecuentes (que sí lo son).

Al comparar las tareas auditivas Bada (estímulos lingüísticos) y Hertz (estímulos no lingüísticos), se encontró una mayor amplitud de P300 para el estímulo 2 de la tarea Bada (da) en el electrodo Oz, en comparación con el de la tarea Hertz, solamente en el grupo con dislexia. Esto indica una mayor activación del área occipital para el procesamiento de los sonidos, probablemente asociados a su contraparte visual (las letras) que no exhiben los controles, hallazgo que sugiere un desplazamiento de las áreas que se activan en los procesos lingüísticos de los niños con dislexia.

En la tarea DL, P100 se observó con mayor amplitud en los dos grupos en el electrodo Oz, en ambos estímulos, pero tuvo mayor amplitud en los controles ante el estímulo 2 (pseudopalabras) que ante el estímulo 1 (palabras) y esta diferencia no se observó en los disléxicos. Esto quiere decir, que los controles realizaron un análisis detallado de rasgos básicos gráficos, especialmente en el procesamiento de las pseudopalabras, mientras que los disléxicos no, por lo tanto existió un mayor número de neuronas reclutadas para realizar esta función a nivel occipital en el grupo control, en comparación con el grupo con dislexia.

En la tarea DV, en cuanto al componente P100, se encontró diferencia estadísticamente significativa en la amplitud del electrodo Oz (mayor en los controles) en el estímulo 1 (q) entre los dos grupos ($p < 0.05$). Lo cual explica que el estímulo infrecuente gatilla mayor activación neuronal que el frecuente, dada su rareza y relevancia en el caso del grupo control. Así mismo, se encontró una diferencia estadísticamente significativa en la comparación de latencia entre el estímulo 1 (q) y 2 (p) para el grupo control en el electrodo PO10 ($p < 0.01$), mayor en el estímulo 1, que en el 2. Esto quiere decir que el grupo control tuvo latencias mayores al realizar el análisis de rasgos básicos de la letra q (estímulo 1: infrecuente) que el de la letra p (estímulo 2: frecuente). Esta distinción, no tuvo lugar en los disléxicos, es decir, aparentemente los participantes de este grupo no se tomaron suficiente tiempo en diferenciar el estímulo infrecuente, respecto al frecuente, a nivel del área parieto-occipital (área de asociación de la lectura). Por otra parte, también los controles reclutaron para la tarea mayor número de células a nivel occipital, igual que como sucedió en la tarea DL.

En cuanto al componente N200 En la tarea DL, Oz tuvo mayor amplitud en los disléxicos que en los controles ante el estímulo 1 (palabras), lo cual quiere decir que fue en la zona occipital en la que tuvieron mayor actividad mientras realizaban la detección del objetivo, pero implica también que realizaron un análisis más detallado a las palabras que a las pseudopalabras. De acuerdo con este hallazgo, nuevamente se observa que los pacientes con dislexia prestaron mas atención al estímulo frecuente, que al estímulo infrecuente (pseudopalabra).

En la tarea DL, TP10 (temporal-parietal, hemisferio derecho) fue el electrodo con mayor amplitud de N200 en los disléxicos, con respecto a los controles, en la comparación entre grupos por estímulo, tanto ante el estímulo 1 (palabras) como ante el 2 (pseudopalabras). Esto sugiere un predominio de la actividad del área temporal-parietal del hemisferio derecho para la realización de la tarea.

En la tarea Image, los niños con dislexia exhibieron una mayor amplitud en N200 ante el estímulo 2 (L en espejo) que ante el 1, (T invertida). Probablemente tuvo mayor relevancia para ellos este segundo estímulo dada su frecuencia.

En torno al objetivo específico: **Analizar los marcadores de intervalo de tiempo transmodales (cross-modality gap scores) para hallar las diferencias en la velocidad de procesamiento entre las modalidades.**

Este análisis resulta, de una parte, de la resta de las medias de latencias entre tareas auditivas y visuales lingüísticas (DV-Bada), y de otra parte, de la resta de tareas auditivas y visuales no lingüísticas (Bada-Hertz), de cada componente hallado. De este análisis no se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas entre las latencias del grupo control y del grupo con dislexia. Esto lleva a decir que no hubo suficientes datos para comprobar que los niños con dislexia y los niños sin dificultades procesan con diferencia temporal (“temporal gap”) los estímulos visuales/ortográficos y los estímulos auditivos/fonológicos, a pesar de que no se rechaza la validez de la hipótesis.

De manera adicional a este análisis, se hizo una comparación intramodal de latencia de las tareas visuales, (Image-DV), y auditivas (Bada-Hertz) y se comparó el procesamiento de palabras y pseudopalabras (DL) entre los controles y los disléxicos. De este procedimiento, resultaron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre las latencias de Image y DV en el electrodo Pz (parietal central), ante el estímulo 2 (frecuente) para los componentes N200 y P300, siendo mayor la latencia del grupo con dislexia para N200 y menor para P300. Esta diferencia en el procesamiento de estímulos visuales entre los grupos, en el caso de N200 sugiere un punto crucial, en el que el análisis del participante control supera el del niño con dislexia en velocidad cuando se presenta un estímulo visual lingüístico (como los de DV, la letra p y q) y por lo tanto, le permite hacer a tiempo una detección del objetivo. El resultado para P300 sin embargo, es inverso, donde es menor la latencia del grupo con dislexia. Esta comparación a nivel intramodal podría llevar a concluir que la diferencia en el procesamiento entre estímulos visuales lingüísticos y no lingüísticos, se halla principalmente en la fisiología del componente N200, en el proceso para hacer una correspondencia entre lo que observa el niño y la “plantilla” (representación mental) que ha almacenado en su memoria de trabajo (Wijers, Lange, Mulder, & Mulder, 1997, citados en Shaul, 2008) y que los disléxicos tomarían la decisión frente a los estímulos visuales frecuentes más rápidamente que los controles, como lo indica la latencia más corta de estos ante P300 (Polich, 1987; Polich & Heine, 1996).

Se restaron adicionalmente las latencias de los componentes P300-N200, N200-P100 y P700-P300, para identificar etapas o niveles de procesamiento cognitivo (Bentin et al., 1999). La única diferencia de latencia significativa fue de P700 (P500) y P500 (P300) en los electrodos Oz y Pz en la tarea Bada, presentándose latencias más tardías para los disléxicos que para los controles. En esta tarea, que requería especialmente de segmentación, y análisis fonológico, los disléxicos se desempeñaron peor, hallazgo que nuevamente refuerza la presencia de una importante dificultad fonológica.

Para **determinar la presencia de diferencias (asincronía) entre la velocidad de procesamiento de las modalidades visual-ortográfica y auditiva-fonológica**, se compararon estímulos no lingüísticos intermodalmente (tarea visual: Image y tarea auditiva: Hertz), se encontraron mayores latencias de P300 para la tarea auditiva tanto para el estímulo 1 (tono grave), como para el estímulo 2 (tono agudo) en todos los electrodos analizados P7, P8, Oz y Pz, en el grupo control y en el grupo con dislexia. Esto quiere decir que los estímulos auditivos generaron más tardíamente el pico de P300 que los estímulos visuales, en ambos grupos, es decir, su procesamiento toma más tiempo.

Adicionalmente, en el grupo control, se presentó mayor amplitud en P8 (hemisferio derecho), ante el estímulo 2 de Hertz (tono agudo), mientras que en el grupo con dislexia, se presentó mayor amplitud en P7 (hemisferio izquierdo), ante el estímulo 1 de Hertz (tono grave). Este hallazgo, en relación con el mencionado anteriormente de la tarea Hertz, sugiere que los niños con dislexia tuvieron más actividad eléctrica en el área parietal del hemisferio izquierdo ante el estímulo 1, y mayor actividad en el parietal derecho, ante el estímulo 2 y emplean uno u otro sector de acuerdo con la distinción en la relevancia de los estímulos.

En el componente P100, en la comparación entre la tarea Image y Hertz, se encontraron diferencias estadísticamente significativas en latencia ($p < 0.01$) que fue mayor para todos los electrodos analizados: PO9, PO10, Oz y Pz, en los dos estímulos de los dos grupos, en la tarea Hertz, que en la tarea Image. Esto indica que el procesamiento de estímulos auditivos no lingüísticos, en ambos grupos tomó más tiempo que el procesamiento visual de estímulos no lingüísticos.

En cuanto al componente N200, tanto para el grupo con dislexia, como para el grupo control fueron mayores las latencias de la tarea Hertz que las de Image, en los dos estímulos, pero las amplitudes fueron mayores (más negativas) en Image que en Hertz. Esto significa que aunque la tarea Hertz tomó más tiempo de procesamiento, dada la necesidad de primero escuchar el estímulo, almacenarlo en la memoria de trabajo y luego acceder a él para dar una respuesta, la tarea Image requirió mayor activación neuronal para poderla realizar. Este hallazgo va de la mano con la exhaustividad en la detección y categorización del objetivo que es la marca principal de N200.

9.2 Conclusiones

Esta investigación se propuso **Investigar si existen diferencias entre la velocidad de procesamiento (SOP) de las modalidades visual-ortográfica y auditiva-fonológica, por medio de potenciales evocados visuales y auditivos de larga latencia (P300), en niños con dislexia y sus respectivos controles.** En general se concluyó que:

- Sí existieron diferencias entre la velocidad de procesamiento de las modalidades: La visual fue más rápida que la auditiva para ambos grupos, pero los datos no fueron suficientes para concluir en cuanto a la modalidad ortográfica y la fonológica.

En torno al primer objetivo específico: **Estudiar la velocidad de procesamiento de las modalidades visual-ortográfica y auditiva-fonológica, de niños con dislexia y sus respectivos controles por medio de la aplicación de tareas conductuales, que midieran el procesamiento de estímulos lingüísticos y no lingüísticos, visuales y auditivos, y ortográficos-fonológicos, con registro electrofisiológico simultáneo,** se concluyó que:

- En ambos grupos, los estímulos auditivos no lingüísticos tuvieron un procesamiento más lento que los visuales y en el caso específico del procesamiento visual, los disléxicos tardaron más tiempo en procesar el estímulo no lingüístico infrecuente que los controles.

En torno al segundo objetivo específico: **Determinar las diferencias existentes en la generación del componente P300 entre el grupo control y el grupo de niños con dislexia, seleccionados para la muestra, en cada una de las tareas propuestas,** se concluyó que:

Las principales diferencias se hallaron en las amplitudes (número de neuronas reclutadas) y no en las latencias (velocidad en la transmisión postsináptica) del componente P300:

- Los niños con dislexia tuvieron que reclutar una mayor cantidad de neuronas de la zona occipital y parietal media para hacer el análisis de los estímulos auditivos lingüísticos, en comparación con los niños del grupo control.
- Ante el procesamiento de pseudopalabras los disléxicos reclutaron menor cantidad de neuronas que los controles en el área parietal izquierda, la cual coincide con una región del sistema de lectura encargada del análisis ortográfico-fonológico (asociación grafema-fonema). Esto sugiere que procesaron las pseudopalabras de igual forma que las palabras (lexicalización).
- Ante el procesamiento auditivo no lingüístico los disléxicos emplearon mayor población de neuronas en el hemisferio derecho, ante el estímulo frecuente, en comparación con los controles. Probablemente, debido a que este estímulo resultó ser más relevante para ellos.
- En cuanto al procesamiento visual, los disléxicos tardaron más tiempo en procesar el estímulo no lingüístico infrecuente (*similar a L en espejo*), mientras que los controles tardaron más tiempo en procesar el estímulo frecuente (*similar a T invertida*). Probablemente esto representa un enfoque selectivo de la atención que resultó diferente para ambos grupos.
- En la tarea Bada (con estímulos lingüísticos auditivos) que requería especialmente de segmentación, y análisis fonológico, los disléxicos se desempeñaron peor, ya que

presentaron latencias más tardías (P500 (P300) y P700 (P500)) que los controles, hallazgo que nuevamente refuerza la presencia de una importante dificultad fonológica.

En torno al objetivo específico: **Analizar los marcadores de intervalo de tiempo transmodales (cross-modality gap scores) para hallar las diferencias en la velocidad de procesamiento entre las modalidades**, se concluyó que:

- El procesamiento de estímulos auditivos no lingüísticos, en ambos grupos tomó más tiempo que el procesamiento de estímulos visuales no lingüísticos, probablemente debido a que los primeros requerían ser escuchados, antes de que el participante pudiera emitir una respuesta, además, su huella acústica se desvanecía más rápidamente, en comparación con el rastro visual que dejaban los estímulos visuales no lingüísticos. Sin embargo, no hubo suficientes datos para comprobar que los niños con dislexia y los niños del grupo control procesaron con diferencia temporal (“temporal gap”) los estímulos visuales lingüísticos (ortográficos) y los estímulos auditivos lingüísticos (fonológicos), de manera que no fue posible rechazar la validez de la hipótesis.

En cuanto al objetivo: **Determinar la presencia de diferencias (asincronía) entre la velocidad de procesamiento de las modalidades visual-ortográfica y auditiva-fonológica**, se concluyó que:

- Siguiendo la conclusión anterior, puede afirmarse que existió asincronía entre la velocidad de procesamiento de las modalidades visual y auditiva al interior cada uno de los grupos, mas no al comparar los datos entre estos y que los datos no fueron suficientes para determinarla en las modalidades ortográfica y fonológica.

10. Impacto esperado y recomendaciones

10.1 Impacto esperado

La presente investigación pretende impactar a nivel académico, y tecnológico, por medio de la innovación de la relación forjada entre el problema propuesto y el uso de potenciales evocados en el estudio de la dislexia. Lo anterior, considerando que, tras la búsqueda bibliográfica en bases de datos latinoamericanas (LILACS, Inbiomed, Dialnet, Redalyc, Scielo) no se encontraron estudios previos con una metodología similar (potenciales evocados de larga latencia) ni en España, ni en Latinoamérica, ni en Colombia, que abordaran las diferencias en la velocidad de procesamiento entre las modalidades visual-ortográfica y auditiva-fonológica, por medio de una medición de la latencia del componente P300. Los únicos estudios latinoamericanos hallados que emplearon potenciales evocados en dislexia, sin examinar la relación con las diferencias entre las modalidades visual-ortográfica y auditiva-fonológica medidas a través de P300, ni con este componente en relación con otro problema, fueron los mencionados en el apartado de justificación (Ostrovsky & Ardila, 1984, Chayo-Dichy, Meneses, Ostrovsky, Harmony, & Guevara, 1990; Poblano et al., 1991; Collado et al., 1996; Ortiz & Vila, 1994)

Otros estudios se encargaron de indagar sobre el reconocimiento de palabras a través de potenciales evocados en muestras diferenciadas por su desempeño en lectura y en denominación rápida, pero sin un diagnóstico diferencial de dislexia del desarrollo. (González-Garrido et al., 2011; Gómez-Velázquez et al., 2013; González-Garrido et al., 2014).

Este estudio también se espera que tenga un gran impacto a nivel científico, por tres importantes razones:

1. Ampliará el estado de la cuestión sobre la velocidad de procesamiento de los estímulos visuales-ortográficos y auditivos-fonológicos en el reconocimiento de palabra en ortografías transparentes, específicamente en la variedad estándar del español de Colombia, en niños con trastorno específico de la lectura.
2. Podrá influenciar el planteamiento de una nueva línea de investigación en torno al cuestionamiento presentado, en Colombia y en Latinoamérica, en la que se haga uso de potenciales evocados de larga latencia para el estudio neurofisiológico de la dislexia.
3. La investigación buscó implementar los mismos criterios de inclusión y exclusión de los estudios españoles y latinoamericanos reportados sobre el uso de potenciales evocados en relación con el estudio de la dislexia, con el fin de permitir comparabilidad y propender por el control de los sesgos, situación que encamina a un impacto de gran dimensión en el ámbito científico:



- 1) Tanto en el estudio de Chayo-Dichy et al. (1990), como en el de Collado et al. (1996), la muestra se seleccionó a partir de poblaciones que asistían a centros de diagnóstico y tratamiento, (el Instituto Nacional de la Comunicación Humana, INCH de México, en el primer estudio, y el Servicio de Comunicación Humana del Instituto Nacional de Pediatría de México, en el segundo), criterio que también adoptó el presente estudio.
- 2) En tres de las investigaciones citadas se aplicó la escala de inteligencia de Weschler (WISC-IV) para establecer que la inteligencia de los niños fuera normal o superior a lo normal. (Chayo-Dichy et al., 1990; Collado et al., 1996; Ortiz & Vila, 1994;) Este criterio también se siguió en el presente estudio.
- 3) En tres de las investigaciones (Chayo-Dichy et al., 1990; Collado et al., 1996; Ortiz & Vila, 1994) se descartaron alteraciones neurológicas y sensoriales, exclusión que también se llevó a cabo en esta investigación.
- 4) En el estudio de Ortiz y Vila (1994) se buscó una homogeneización de la muestra por estatus sociocultural, edad, sexo, nivel escolar, y cociente intelectual. Este criterio también se aplicó a la muestra de esta investigación, aunque considerando las variables de sexo, edad, y estrato socioeconómico.

Esta investigación también se propone impactar en el ámbito social, específicamente en el familiar, en tanto que, los resultados obtenidos proveerán información a los niños y a los padres sobre los diferentes dominios neuropsicológicos evaluados durante el proceso de obtención de datos de casos y controles y esto como consecuencia, influirá en la comprensión de las habilidades y dificultades del niño, por parte de sus padres o cuidadores, de modo que su comunicación interpersonal será afectada positivamente.

El impacto del estudio también permeará el ámbito de salud, especialmente en las áreas de terapia ocupacional y terapia del lenguaje, puesto que los resultados obtenidos pueden conducir a la propuesta de nuevos y más efectivos protocolos de intervención, considerando las variables tratadas en el estudio. El impacto en esta esfera, a su vez, podría conducir a un impacto en la esfera política, específicamente, contribuyendo a la generación de una serie de regulaciones en la salud pública, adaptadas al abordaje de este tipo de dificultades, que afectarían el área económica, en tanto que, podrían plantear la disminución de los costos y de los tiempos de intervención terapéutica en la dislexia, o en general en los trastornos de aprendizaje.

Así mismo, la investigación puede afectar el ámbito educativo, al brindarle a los docentes, a través de la retroalimentación de resultados obtenidos, una información más detallada sobre el procesamiento de la información en los niños con dislexia, situación que los haría reflexionar sobre la necesidad de que sus métodos de enseñanza tuvieran una cobertura amplia y pudieran incidir inclusive en estudiantes con este tipo de dificultades. Del impacto sobre esta esfera, se podría desprender también, la inclusión de las necesidades especiales de la población con trastornos de aprendizaje dentro del currículo escolar, a través de la regulación de políticas educativas que velen por estas.

Se espera también que haya un impacto de tipo neuro-bio-psico-social, en donde, a partir de la evidencia electrofisiológica sobre el procesamiento cognitivo de la dislexia, resultante de sus alteraciones neurobiológicas, se busque comprender a través de estudios posteriores algunas características de la conducta de los niños con este trastorno, no solo relacionadas con su

desempeño lector, desde el punto de vista lingüístico, sino relacionadas con la relación afectiva con los textos escritos, con sus pares académicos y de juego y con los docentes y orientadores.

10.2 Recomendaciones

- Se recomienda replicar este protocolo en una muestra mayor a 50 niños por grupo, con el fin de obtener diferencias significativas para mayor cantidad de variables
- Se recomienda el estudio de la velocidad de procesamiento en población con otras dificultades de aprendizaje, como la discalculia, la disgrafía, la disortografía, preferiblemente, en comorbilidad con la dislexia
- Se sugiere la investigación de potenciales evocados en población con coeficiente intelectual bajo y limítrofe, en comparación con población normal y con diagnóstico de dislexia, para observar el comportamiento de las variables y de los componentes neurofisiológicos.
- Se recomienda mayor investigación en torno a la velocidad de procesamiento a través de potenciales evocados en relación con la dislexia del desarrollo, especialmente el papel del componente N200 en el análisis de estímulos visuales y auditivos.
- Es de gran importancia considerar el planteamiento a nivel de políticas de salud, de un software para potencializar el procesamiento cognitivo de los estímulos fonológicos-ortográficos en los niños con dislexia, dadas sus dificultades básicas en esta área, de manera que fuera empleado en el tratamiento de la dislexia.
- Sería de gran ayuda para los niños con diagnóstico de dislexia que los docentes implementaran en el currículo escolar un plan de adaptación a sus necesidades especiales, que hiciera énfasis en una ventaja de tiempo considerablemente mayor, con respecto a los niños sin dificultades, para la realización de las actividades propuestas en el aula de clase.

A. ANEXO: Consentimiento informado

Proyecto de investigación: “Diferencias en la velocidad de procesamiento, en niños con dislexia vs controles, medidas con potenciales evocados de larga latencia (P300)”

CONSENTIMIENTO INFORMADO

Fecha _____

Nombre completo del padre o
acudiente: _____

CC : _____

Nombre completo del
menor: _____

DI : _____

PRESENTACIÓN

El objetivo de este documento es el de informar acerca de cómo se realizará el Proyecto de investigación: *“Diferencias en la velocidad de procesamiento, en niños con dislexia vs controles, medidas con potenciales evocados de larga latencia (P300)”* elaborado por la lingüista y estudiante de la Maestría en Neurociencias: **Silvia Angélica Puertas Céspedes** y las condiciones de su participación como padre y la de su hijo o acudido en la misma. Este proceso se conoce como **consentimiento informado**.

CONDICIONES DE LA PARTICIPACIÓN

La participación en esta investigación es completamente voluntaria y no existe ningún tipo de consecuencia para el menor, ni para usted, si decide no aceptarla. Si decide aceptar, es importante que sepa que tiene la libertad de retirar su consentimiento sobre la participación de su hijo, en cualquier momento, sin que esto les genere ninguna dificultad. Podrá hacer las preguntas que considere sobre los procedimientos que se van a llevar a cabo en la investigación y siempre se le responderán con información actualizada y veraz.

CONFIDENCIALIDAD

Toda la información suministrada es confidencial, los nombres y datos personales del niño serán cambiados y protegidos. Los datos obtenidos serán usados únicamente con propósitos de divulgación científica y de investigación futura.



JUSTIFICACIÓN

Es importante realizar esta investigación, porque aún no se ha estudiado en niños colombianos (hablantes de español) con dislexia, si la lentitud en su proceso de lectura, tiene que ver con que haya un gran espacio de tiempo entre la identificación de la forma escrita de la palabra y el reconocimiento de la forma como suena esta.

PROCEDIMIENTO

El procedimiento de la investigación se divide en dos grandes etapas:

Evaluación y diagnóstico neuropsicológico

Este proceso consiste en la aplicación de una serie de pruebas que miden el coeficiente intelectual, la atención, la memoria, el lenguaje, la lectura y la escritura del niño. Una vez realizadas puede confirmarse o descartarse un diagnóstico de dislexia. De manera simultánea a su aplicación, el padre, madre o acudiente del niño, deberá diligenciar algunos cuestionarios en los que se solicitan datos personales e información específica sobre las características del desarrollo, comportamiento y dificultades escolares del niño.

Examen de potenciales evocados de larga latencia:

Este examen se realizará solamente para quienes se haya confirmado el diagnóstico de dislexia, por medio de las pruebas aplicadas en la evaluación neuropsicológica, o para quienes se haya descartado tanto este, como cualquier otro trastorno de aprendizaje, alteración neurológica, o déficit cognitivo.

Para su realización, primero se le aplicará a su hijo o acudido una crema que limpia el cuero cabelludo, sobre el que se ubicarán unos electrodos a los que se aplicará un gel que permite la transmisión de la información. Una vez estén puestos los electrodos, se le mostrará al menor, en una pantalla de computador, la imagen de dos letras. El niño debe oprimir una tecla cada vez que vea una de estas letras a la que se le pide estar atento. También escuchará por medio de audífonos el sonido de dos letras, y debe oprimir nuevamente una tecla, cada vez que oiga el sonido al que se le solicitó atender. Finalmente, aparecerán en una pantalla de computador, palabras y pseudopalabras (se parecen a las palabras pero tienen cambiadas varias letras) y el niño deberá distinguir entre las dos.

El propósito de este procedimiento es saber en qué momento se genera una onda en el cerebro del niño, llamada P300, como consecuencia de la identificación de los sonidos de las letras, de la formas de estas y de las palabras. Adicionalmente, el procedimiento buscar medir qué tan rápido y qué tan bien hace el niño esa identificación.

RIESGOS Y MOLESTIAS

El registro de potenciales evocados tiene un riesgo mínimo para el niño. No va a alterar de ninguna manera el pensamiento, ni el comportamiento del niño, no va a mejorar ni a empeorar sus problemas de lectura (en caso de que los tenga), ni va a afectar su salud de ninguna forma. Tampoco va a causar dolores o molestias.

BENEFICIOS

El beneficio directo que los padres recibirán de la participación del niño en esta investigación será acceder a los resultados de su proceso de evaluación y diagnóstico neuropsicológico, a través de un informe, en el cual se brindará información específica sobre su desempeño en atención, memoria, lenguaje, lectura, escritura y coeficiente intelectual, en caso de no haber sido evaluado previamente en este último aspecto, por otro profesional de la salud. Estos resultados permitirán que diferentes personas en contacto con el niño, comprendan y se adapten al nivel de desempeño de este en las áreas mencionadas, como por ejemplo, sus docentes, quienes podrán enfocar sus métodos de enseñanza de acuerdo con las características de la velocidad de procesamiento y específicamente del proceso lector del niño evaluado; sus padres y familiares podrán comprender así mismo cómo esas características de desempeño lector afectan su comportamiento escolar y su disposición general ante el aprendizaje. De esta forma podrán conocer sus fortalezas y habilidades y estimularlas en el niño. Este informe también brindará a otros profesionales de la salud encargados del cuidado del niño, (en caso de que esté recibiendo alguna clase de tratamiento por dificultades escolares), unas recomendaciones para su intervención.

Adicionalmente, la participación del niño ayudará a comprender mejor las características de los niños con dislexia, que hablan español y hará un enorme aporte al conocimiento científico, ya que no se encuentran estudios de este tipo en hablantes de español colombianos.

ACEPTACIÓN

Si considera que no hay dudas, en relación con la participación del niño en el proyecto de investigación, puede usted firmar este consentimiento informado.

Yo _____, mayor de edad, he leído y comprendido toda la información sobre la participación de mi hijo o acudido en el proyecto de investigación: ***“Diferencias en la velocidad de procesamiento, en niños con dislexia vs controles, medidas con potenciales evocados de larga latencia (P300)”*** y acepto que los datos obtenidos a partir de los cuestionarios diligenciados por mí, la evaluación neuropsicológica (pruebas de atención, memoria, lenguaje, lectura, escritura), y los potenciales evocados de larga latencia (examen con electrodos en el cuero cabelludo) realizados a mi hijo o acudido, así como las grabaciones de video y fotos tomadas en estos procedimientos, sean utilizados con propósitos académicos, de divulgación científica y como material para investigaciones futuras.

FIRMA DEL PADRE O ACUDIENTE _____

CC: _____

B. ANEXO: Asentimiento informado

Proyecto de investigación: “Diferencias en la velocidad de procesamiento, en niños con dislexia vs controles, medidas con potenciales evocados de larga latencia (P300)”

ASENTIMIENTO INFORMADO

Fecha: _____

Nombre completo: _____

D.I: _____

Mi nombre es Silvia Angélica Puertas Céspedes, soy lingüista y estudiante de la Maestría en Neurociencias de la Universidad Nacional de Colombia. En este momento estoy haciendo mi tesis llamada “Diferencias en la velocidad de procesamiento, en niños con dislexia vs controles, medidas con potenciales evocados de larga latencia (P300)”

Me gustaría que me ayudaras participando en mi investigación, pero no estás obligado a hacerlo, y si aceptas, puedes retirarte en cualquier momento. Ten en cuenta que siempre protegeré todos tus datos y les daré un uso apropiado, académico y científico.

De pronto no lo sabes, pero algunos niños en Colombia, tienen muchos problemas para leer, especialmente porque lo hacen con una velocidad muy lenta. Por eso es importante investigar si esto tiene algo que ver con que tal vez hay un gran espacio de tiempo entre el momento en el que se identifica una palabra escrita y se relaciona con la forma en que suena.

Si decides ayudarme, lo primero que haremos será unas pruebas para saber cómo está tu inteligencia, tu atención, tu memoria, tu lenguaje, tu lectura y tu escritura. Al mismo tiempo, tu papá, mamá o acudiente, estará llenando unos cuestionarios en donde le preguntamos algunos datos tuyos.

Dependiendo de tu puntaje en esas pruebas, te pediremos que hagas otro examen, para el cual, primero te limpiaran el cuero cabelludo con una crema, y luego te pondrán unos electrodos con un gel en tu cabeza. Con ellos sabremos cómo está funcionando mientras identificas la imagen de unas letras, unos sonidos de unas letras y unas palabras, para lo cual deberás oprimir unas teclas en un computador. Este examen nos permitirá estudiar una onda del cerebro llamada P300 y medir qué tan rápido y qué tan bien haces estas tareas que te pondremos.

Nada va a pasar cuando te hagamos las pruebas de inteligencia, atención, memoria, etc, ni cuando pongamos los electrodos. No sentirás nada extraño, ni nada te dolerá o molestará.

Los resultados de estas pruebas y exámenes que te haremos, le servirán a tus familiares y en caso dado, a doctores que te atiendan, para que te ayuden a mejorar en tu rendimiento escolar y te conozcan mejor. Además, con tu ayuda, podremos comprender mejor las características de los niños que tienen problemas para leer.

Si entendiste todo lo que te expliqué y quieres participar en mi investigación, por favor firma este documento.

FIRMA DEL NIÑO _____

C. ANEXO: Cuestionario para padres Evaluación Neuropsicológica Infantil (ENI)



Evaluación Neuropsicológica Infantil (ENI)

Esmeralda Matute
Mónica Rosselli
Alfredo Ardila
Feggy Ostrosky

Cuestionario para padres

Foto

Fecha de consulta

Nombre del niño

Sexo _____ Fecha de nacimiento _____ Edad _____

Dirección

Calle _____ Número _____ CP _____

Sector _____ Colonia _____

Ciudad _____ Estado _____ País _____

Números telefónicos

Particular _____

En el trabajo del padre _____ Celular del padre _____

En el trabajo de la madre _____ Celular de la madre _____

Otro _____

Nombre de la escuela

Pública () Privada ()

Dirección

Calle _____ Número _____ CP _____

Sector _____ Colonia _____

Ciudad _____ Estado _____ País _____

Teléfono _____

Nombre de la maestra _____

Grado escolar _____ Grupo _____

Lateralidad () Diestra () Mixta () Zurda

Médico tratante _____

Teléfono _____

Padres

El niño vive con ambos padres su madre su padre
 padres adoptivos algún pariente padre y madrastra
 madre y padrastro otros

Estado civil de los padres casados separados divorciados
 viudo unión libre

Padre

Nombre _____
 Edad _____ Máximo grado escolar _____
 Ocupación _____

Madre

Nombre _____
 Edad _____ Máximo grado escolar _____
 Ocupación _____

Hijos

Registrar todos los embarazos en orden cronológico incluyendo al niño consultante y los abortos.

	Sexo	Fecha de nacimiento	Grado escolar	Ha presentado o presenta problemas
1.				
2.				
3.				
4.				
5.				
6.				
7.				
8.				
9.				

¿Cuál es el principal problema del niño? _____

¿Cuándo notó por primera vez este problema?

Desea conocer:

Caracterización del problema	
Origen del problema	
Manejo escolar	
Manejo familiar	
Terapia de apoyo	
Otros	

¿Quién lo deriva a consulta?

¿Ha recibido su hijo atención por este problema? No _____ Sí _____ ¿Cuándo? _____

¿Con quién?

¿Qué tipo de atención?

¿Por cuánto tiempo?

¿Ha observado prevalencia de los siguientes comportamientos?

Dificultad para hablar	
Dificultad para comprender	
Dificultad para aprender a leer*	
Dificultad para aprender a escribir*	
Dificultad en las matemáticas*	
Dificultad para poner atención	
Bajo rendimiento escolar	
Es muy activo	
Dificultad para controlar su comportamiento	
• en casa	
• en la escuela	
Pelea con frecuencia con sus hermanos u otros niños	
Hace berrinches	
Moja la cama por las noches	
Defeca en su ropa interior	
Ha presentado convulsiones	
Torpeza en sus movimientos	
Desobediencia excesiva	
Comportamiento poco común en niños de su edad	
Comportamiento poco común en niños de su sexo	
Su desarrollo es más lento que el de otros niños de su edad	
Otros	

* No aplica para preescolares

D.ANEXO: Historia clínica Evaluación Neuropsicológica Infantil (ENI)



Evaluación Neuropsicológica Infantil (ENI)

Esmeralda Matute
Mónica Rosselli
Alfredo Ardila
Feggy Ostrosky

Historia clínica

Nombre	Fecha de evaluación	
Edad	Fecha de nacimiento	Grado escolar
Sexo		
Nombre del evaluador		

1. Caracterización del problema

2. Exploración física

Peso

Talla

Perímetro cefálico

Vista

Audición

Medicamentos

3. Historia familiar

Enfermedades o trastornos en familiares colaterales (padres y hermanos)

¿Algún familiar con problemas semejantes? No _____ Sí _____ ¿Quién? _____

© Editorial El Manual Moderno Fotocopiar sin autorización es un delito.

Familiar que lo presenta		Familiar que lo presenta	
Problema de lenguaje		Alcoholismo	
Deficiencia sensorial		Enfermedad psiquiátrica	
Parálisis cerebral		Síndrome de Down	
Epilepsia		Retardo mental	
Déficit de la atención		Problemas de aprendizaje	
Problemas de coordinación motriz		Retraso escolar	
Drogadicción		Otros	

4. Antecedentes prenatales

¿Producto de la gesta número? _____

¿Embarazo deseado? Sí _____ No _____

Comentarios

¿La madre durante el embarazo consumió alcohol o drogas? (por ejemplo, cocaína, marihuana, crack, etc.)

Sí _____ No _____

Especificar _____

La madre padeció durante el embarazo:

	No	Si
Rubéola		
Varicela		
Edema		
Traumatismo		
Amenaza de aborto		
Sífilis		

	No	Si
Toxoplasmosis		
VIH		
Hipertensión		
Toxemia		
Otros		

La madre durante el embarazo estuvo expuesta a:

	¿Cuáles?	¿En qué mes?
Vacunas		
Rayos X		
Ingesta de medicamentos		
Otros		

Alimentación durante el embarazo:

Buena _____ Mala _____ Regular _____

5. Antecedentes natales

Características del parto

Parto natural _____ Cesárea _____

Parto hospitalario _____ Domiciliario _____ Otros _____

Semanas de gestación Pretérmino (menos de 38 semanas) _____

Término (38 semanas) _____

Postérmino (más de 42 semanas) _____

¿Cuántas horas duró el trabajo de parto? _____

Tipo de parto: Inducido _____ Espontáneo _____ Eutósico _____

Distósico _____

Al nacer el niño necesitó: Maniobras de resucitación _____ Oxígeno _____

Incubadora _____

Al nacer el niño presentó:

A partir del día:

Duración:

Cianosis

Ictericia

Sufrimiento fetal: No _____ Sí _____

Apgar _____ Peso _____ Talla _____

Comentarios _____

6. Antecedentes postnatales**6.1. Alimentación**

Materna _____ Artificial _____ Mixta _____

Vómitos _____ Succión pobre _____

Comentarios _____

6.2. Condiciones del niño durante el primer año de vida

Actividad del niño: Normal _____ Hipoactivo _____ Hiperactivo _____
 Flácido _____ Espástico _____
 Otros (especificar) _____

6.3. Desarrollo motor (edad en meses o en comparación con otros niños)

Gateó _____ Caminó solo _____
 Control de esfínteres: Vesical _____ Diurno _____ Nocturno _____
 Anal _____
 Comentarios _____

6.4. Desarrollo del lenguaje

¿Habla? Sí _____ No _____

¿Cuándo?

¿Cuándo?

Baluceo		Unió 2 palabras	
Dijo 3 palabras		Construyó frases	

Comentarios _____

6.5. Desarrollo actual

Audición: Normal _____ Anormal _____
 Audiometría: No Sí Fecha _____
 Resultados _____
 Visión: Normal _____ Anormal _____
 Examen: No Sí Fecha _____
 Resultados _____
 ¿Usa lentes? No Sí

Habilidades de la vida diaria: Autosuficiente _____

Deficiente en _____

Motricidad gruesa Hábil para: Correr Sí No Bicicleta Sí No Jugar Sí No

¿Le gusta hacer deportes? No Sí

¿Cuáles? _____

Motricidad fina Hábil para: Escribir Sí No Dibujar Sí No Recortar Sí No

Lenguaje: ¿Produce todos los sonidos de la lengua? Sí No

¿Presenta tartamudez? No Sí

¿Otras dificultades en la expresión? No Sí

¿Dificultades para comprender? No Sí

Lengua predominante en casa _____

Lengua secundaria _____

Comentarios _____

6.6. Antecedentes patológicos

Traumatismos Traumatismos craneoencefálicos con pérdida de conciencia

No Sí Fecha _____ Duración _____

Hospitalizaciones Cirugías bajo anestesia general

No Sí ¿Cuándo? _____ Motivo _____

Convulsiones No

Sí Inicio _____ Tipo _____ Frecuencia _____

En presencia de fiebre No Sí

Medicación _____

Enfermedades infecto-contagiosas Sarampión _____ Meningitis _____ Encefalitis _____
 Otras _____

Alergias No Sí ¿A qué? _____ Manifestaciones _____

Intoxicaciones por: Plomo _____ Medicamentos _____ Otros _____

7. Comportamiento (impresión de los padres)

Comportamiento Nunca Algunas veces Muchas veces Casi siempre

a) Actividad

Hipoactivo				
Hiperactivo				
Destructivo				
Agresivo				

b) Atención

Constante				
Corta				
Nula				
Variable				

c) Crisis coléricas

Berrinches				
Avienta cosas cuando se enoja				
Arremete verbalmente				
Irascible				

d) Adaptación

Se separa de los padres				
Se adecua a la situación				
Reacciones catastróficas				

e) Labilidad emocional

Llora				
Pasa del llanto a la risa				
Se emociona				

f) Relaciones familiares

Dificultad para relacionarse con la madre				
Dificultad para relacionarse con el padre				
Dificultad para relacionarse con los hermanos				

g) Sueño

Promedio de horas que duerme de noche				
Sonambulismo				
Duerme siesta (duración)				
Pesadillas o terrores nocturnos				
Dificultad para conciliar el sueño				
Difícil despertar				
Sueño continuo				

Comportamiento	Nunca	Algunas veces	Muchas veces	Casi siempre
h) Comportamiento a la hora de comer				
Permanece sentado				
Juega con los cubiertos				
Derrama los alimentos				
Come sin distracción				
i) Hábitos alimenticios				
¿Cuántas comidas al día realiza?				
¿Es selectivo con los alimentos?				
j) Tiempo libre				
TV				
Nintendo				
Computadora				
Juegos al aire libre (especificar)				
Juegos de fantasía (especificar)				
Lectura				
Juegos colectivos				
Juegos de construcción				
k) Socialización				
Retraído				
Abierto				
Aislado				
Facilidad para hacer amigos				
Sus amigos son:*				
De su edad				
Más grandes				
Más pequeños				
Otros				

Comentarios _____

7.1. Inteligencia (impresión de los padres)

La esperada para la edad _____ Superior al promedio _____

Por abajo del promedio _____

8. Método de disciplina

	Nunca	Casi nunca	Casi siempre	Siempre
Regaño				
Castigo físico				
Tiempo fuera				
Premio				
Convencimiento				
Otros				

9. Escolaridad

¿Asiste el niño a la escuela? Sí No ¿Por qué? _____

Problemas específicos Lectura _____ Escritura _____ Cálculo _____
 Lenguaje _____ Hiperactividad _____ Atención _____
 Otros _____

Guardería No Sí Edad de ingreso _____
 ¿Por cuántos años? _____

Comentarios _____

Jardín de niños No Sí Edad de ingreso _____
 ¿Por cuántos años? _____

Rendimiento Bueno _____ Regular _____ Malo _____

Comentarios _____

Primaria Edad de ingreso _____

Rendimiento Bueno _____ Regular _____ Malo _____

Grados repetidos _____

Clases particulares No Sí ¿Cuándo? _____

Terapias de apoyo No Sí ¿Cuándo? _____

¿Qué tipo? _____

¿Por cuánto tiempo? _____

¿Problemas específicos? (describir) _____

Secundaria Edad de ingreso _____

Rendimiento Bueno _____ Regular _____ Malo _____

Grados repetidos _____

Clases particulares No Sí ¿Cuándo? _____

Terapias de apoyo No Sí ¿Cuándo? _____

¿Qué tipo? _____

¿Por cuánto tiempo? _____

¿Problemas específicos? (describir) _____

Preparatoria Edad de ingreso _____

Rendimiento Bueno _____ Regular _____ Malo _____

Grados repetidos _____

Clases particulares No Sí ¿Cuándo? _____

Terapias de apoyo No Sí ¿Cuándo? _____

¿Qué tipo? _____

¿Por cuánto tiempo? _____

¿Problemas específicos? (describir) _____

Aptitudes e intereses escolares

	Mayor desempeño	Menor desempeño	Preferencia	No preferencia
Lectura				
Escritura				
Matemáticas				
Deportes				
Dibujo				
Ciencias				
Ciencias sociales				
Música				
Otras				

E. ANEXO: Protocolo de registro Escala de Inteligencia WISC

WISC-IV

Escala Wechsler de Inteligencia para Niños-IV

Nombre del niño: _____
 Examinador: _____

Estimación de la edad del niño

	Año	Mes	Día
Fecha de evaluación			
Fecha de nacimiento			
Edad a la evaluación			

Conversiones de puntuación natural total a puntuación escalar

Subprueba	Puntuación natural	Puntuaciones escalares				
Diseño con cubos						
Semejanzas						
Retención de dígitos						
Conceptos con dibujos						
Claves						
Vocabulario						
Sucesión de números y letras						
Matrices						
Comprensión						
Búsqueda de símbolos						
[Figuras incompletas]						
[Registros]						
[Información]						
[Aritmética]						
Palabras en contexto (Pistas)						
Suma de puntuaciones escalares						

Para puntuación escalar de subpruebas, véase tabla C-1, Manual de aplicación.

	Todas las 10 subpruebas*	3 de Comprensión verbal	3 de Razonamiento perceptual
Suma de puntuaciones escalares			
Número de subpruebas	+ 10	+ 3	+ 3
Puntuación media			

La media total se calcula a partir de las 10 subpruebas esenciales.

Cálculo de puntuaciones índice

Escala	Suma de puntuaciones escalares	Índice compuesto	Rango percentil	Intervalo de confianza de %
Comprensión verbal				
Razonamiento perceptual				
Memoria de trabajo				
Velocidad de procesamiento				
Escala Total				

* Véase tabla de la A-1 a la A-4, Manual de aplicación.
Manual Moderno
 D.R. © 2005 (Estandarización)
 Editorial El Manual Moderno, S.A. de C.V.
 Av. Sonora 206, Col. Hipódromo, 06100 México, D.F.

MP
75-3

** Traducido y adaptado con permiso Copyright © 2003 por The Psychological Corporation, U.S.A. Traducción al Español copyright © 2003 por The Psychological Corporation, U.S.A. Elementos originales en Español D.R. © 2007 por Editorial Manual Moderno, S.A. de C.V., México. Todos los derechos reservados.

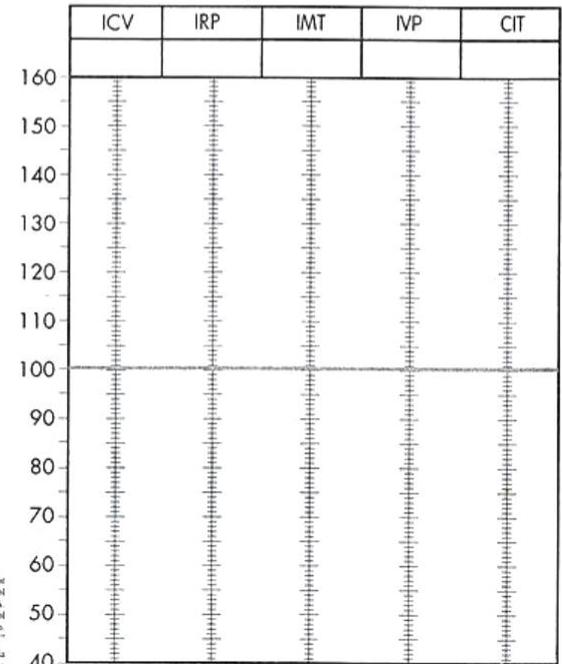
Ninguna parte de esta publicación puede ser reproducida, almacenada en sistema alguno de tarjetas perforadas o transmitida por otro medio —electrónico, mecánico, fotocopiador, registrador, etcétera— sin permiso previo por escrito de la Editorial.
 ISBN 970-729-262-8 (Protocolo de registro)
 ISBN 970-729-261-X (Prueba completa)

Protocolo de registro

Perfil de puntuaciones escalares de subprueba

	Comprensión verbal					Razonamiento perceptual				Memoria de trabajo			Velocidad de procesamiento		
	SE	VB	CM	(IN)	(PC)	DC	CD	MT	(FI)	RD	NL	(AR)	CL	BS	(RG)
19															
18	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
17	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
16	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
15	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
14	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
13	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
12	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
11	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
10	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
9	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
8	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
7	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
6	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
5	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
4	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
3	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
2	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
1	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•

Perfil de puntuaciones compuestas



F. ANEXO: Hoja de puntuación de pruebas aplicadas

Nombre del Niño

Fecha de Nacimiento

Edad

Prueba	Puntuación natural	Puntuación escalar	Percentil
MEMORIA			
Memoria verbal Codificación ENI			
Memoria Verbal Largo Plazo ENI			
Categorías semánticas ENI			
Reconocimiento memoria verbal ENI			
Memoria visual Codificación ENI			
Memoria Visual Largo Plazo ENI			
Categorías semánticas ENI			
Reconocimiento memoria visual ENI			
ATENCIÓN			
Cancelación de letras correctas ENI			
HABILIDADES ESPACIALES			
Dibujos desde ángulos diferentes ENI			
Orientación de líneas ENI			
PERCEPCIÓN AUDITIVA			
Percepción fonémica ENI			
LENGUAJE			
Repetición Sílabas ENI			
Repetición Palabras ENI			
Repetición No Palabras ENI			
Repetición Oraciones ENI			

Denominación ENI			
HABILIDADES METALINGÜÍSTICAS			
Síntesis fonémica ENI			
Conteo de Sonidos ENI			
Deletreo ENI			
Igual o Diferente PROLEC-R			
LECTURA			
Nombre De letras			
Lectura de sílabas ENI			
Lectura de Palabras PROLEC-R			
Lectura de Pseudopalabras PROLEC-R			
Lectura de Oraciones ENI			
Comprensión de Oraciones ENI			
Palabras con error en lectura en voz alta			
Tiempo de lectura en voz alta			
Palabras leídas por minuto en voz alta			
Tiempo de lectura en silencio			
Palabras leídas por minuto en voz silente			
ESCRITURA			
Dictado de sílabas			
Dictado de Palabras			
Dictado de No Palabras			
Dictado de Oraciones			
Tiempo de copia de un texto			
Palabras con error en Copia			

G. ANEXO: Tabla de palabras escogidas para la tarea de decisión léxica

PALABRA	FRECUENCIA ABSOLUTA	FRECUENCIA RELATIVA	NÚMERO DE LETRAS	NÚMERO DE SÍLABAS
rana	42	0.000464	4	2
lobo	25	0.000276	4	2
vaca	10	0.000110	4	2
mono	8	0.000088	4	2
gallo	20	0.000221	4	2
abeja	20	0.000221	5	3
tigre	19	0.000210	5	2
zorra	19	0.000210	5	2
cabra	17	0.000188	5	2
araña	9	0.000099	5	3
liebre	15	0.000166	6	2
medusa	10	0.000110	6	3
cuervo	9	0.000099	6	2
jaguar	8	0.000088	6	2
tortuga	16	0.000177	7	3
lagarto	15	0.000166	7	3

gallina	12	0.000133	7	3
ardilla	6	0.000066	7	3
canguro	5	0.000055	7	3
palo	16	0.000177	4	2
hilo	11	0.000121	4	2
dado	9	0.000099	4	2
tela	8	0.000088	4	2
mapa	6	0.000066	4	2
libro	50	0.000552	5	2
carta	28	0.000309	5	2
plato	12	0.000133	5	2
globo	5	0.000055	5	2
reloj	5	0.000055	5	2
piedra	17	0.000188	6	2
vidrio	12	0.000133	6	2
escoba	12	0.000133	6	3
pelota	9	0.000099	6	3
tesoro	9	0.000099	6	3
ventana	22	0.000243	7	3
pintura	12	0.000133	7	3
vestido	8	0.000088	7	3
mercado	10	0.000110	7	3
bandera	5	0.000055	7	3
abanico	4	0.000044	7	3
luna	43	0.000475	4	2
aire	31	0.000342	4	2
nube	11	0.000121	4	2

lago	8	0.000088	4	2
humo	7	0.000077	4	2
arena	33	0.000364	5	3
cielo	31	0.000342	5	2
lluvia	16	0.000177	5	2
monte	16	0.000177	5	2
nieve	6	0.000066	5	2
viento	57	0.000629	6	2
trueno	20	0.000221	6	2
madera	10	0.000110	6	3
charco	6	0.000066	6	2
hierba	6	0.000066	6	2
planeta	19	0.000210	7	3
leyenda	10	0.000110	7	3
pantano	8	0.000088	7	3
cultivo	4	0.000044	7	3
remedio	4	0.000044	7	2

H. ANEXO: Tabla de pseudopalabras para la tarea de decisión léxica

PSEUDOPALABRA	NÚMERO DE LETRAS	NÚMERO DE SÍLABAS
rina	4	2
lebo	4	2
vica	4	2
meno	4	2
gullo	4	2
ubija	5	3
tagre	5	2
zirra	5	2
cibra	5	2
ariña	5	3
laebre	6	2
cinujo	6	3
miduse	6	3
coervo	6	2
jiguar	6	2
tartogi	7	3

ligirto	7	3
gillena	7	3
irdalla	7	3
cingoro	7	3
pulo	4	2
holo	4	2
dido	4	2
tila	4	2
mipa	4	2
lubro	5	2
cirta	5	2
plito	5	2
glebo	5	2
ruloj	5	2
piudra	6	2
vadrio	6	2
esceba	6	3
puleta	6	3
tusoro	6	3
vuntina	7	3
pantora	7	3
vustado	7	3
murcido	7	3
bindura	7	3
abinaco	7	3
lenu	4	2

aure	4	2
nobe	4	2
lugo	4	2
himo	4	2
aruni	5	3
cialo	5	2
llavia	5	2
minte	5	2
niove	5	2
vaento	6	2
trieno	6	2
madira	6	3
chirco	6	2
haerba	6	2
plinuta	7	3
luyunda	7	3
pintino	7	3
coltava	7	3
rumudio	7	2

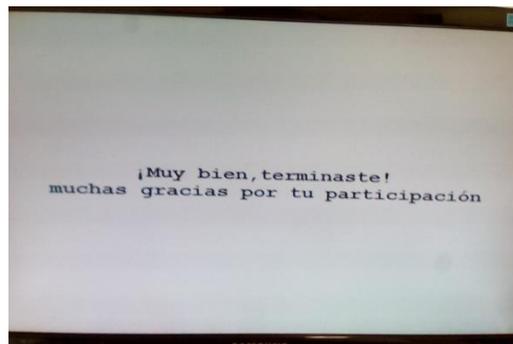
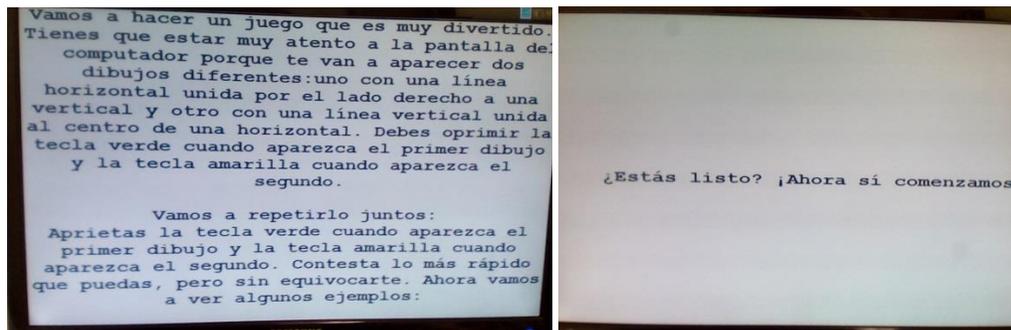
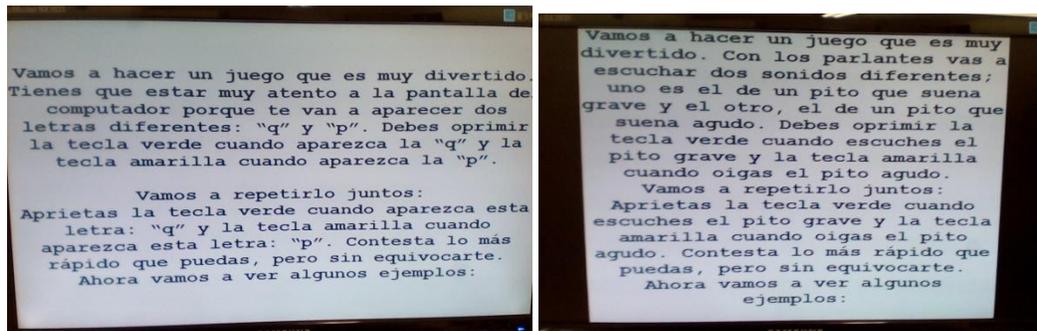
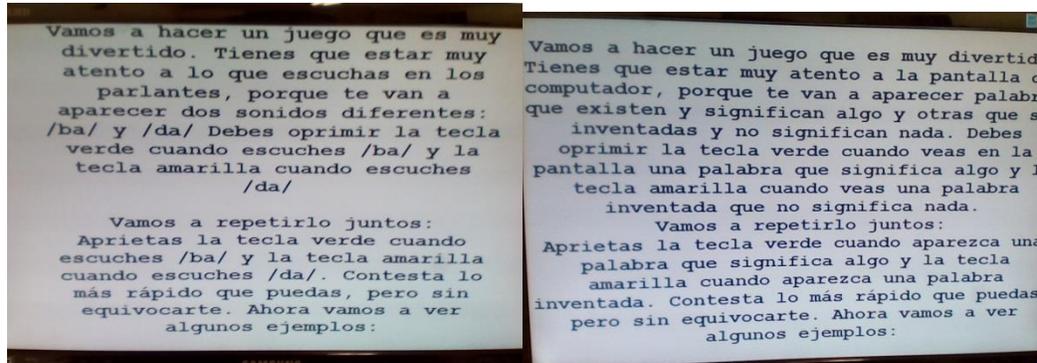
I. ANEXO. Recomendaciones generales para los participantes

REGLAS PARA LOS JUEGOS

1. VAS A SEGUIR MIS INDICACIONES AL PIE DE LA LETRA Y ME VAS A PONER ATENCIÓN EN TODO MOMENTO.
2. DURANTE LOS JUEGOS QUE HAGAMOS Y MIENTRAS TENGAS EL GORRO PUESTO EN LA CABEZA CON LOS ELECTRODOS, NO VAS A MOVERTE, NI A HABLAR CONMIGO, NI CONTIGO MISMO, NI SIQUIERA EN VOZ BAJA.
3. TODO EL TIEMPO VAS A TRATAR DE ESTAR LO MÁS QUIETO POSIBLE COMO UNA ESTATUA, **SOLAMENTE PUEDES MOVER LOS DEDOS CON LOS QUE OPRIMES LA TECLA VERDE Y AMARILLA**, NO PUEDES MOVER LOS BRAZOS, NI LA CABEZA, NI LOS HOMBROS, NI NADA MÁS Y SI LLEGAS A COMETER ALGÚN ERROR EN ALGUNO DE LOS JUEGOS, VAS A CONTINUAR COMO SI NADA HUBIERA PASADO, CON MUCHA TRANQUILIDAD.
4. NO VAS A GRITAR EN NINGÚN MOMENTO, NI A MI, NI A LA PERSONA QUE ME AYUDE, NI A NADIE. NO SE PERMITEN LOS GRITOS. SI ESTO SUCEDE SUSPENDEMOS LOS JUEGOS INMEDIATAMENTE Y LE DECIMOS SOBRE TU COMPORTAMIENTO A TU MAMÁ O PAPÁ.
5. PARA APLICARTE EL GEL EN LOS ELECTRODOS DEL GORRO, TENGO QUE PONERLE UN APLICADOR METÁLICO A UNA JERINGA, PERO NO TE VA A CHUZAR, NI TE VA A DOLER EL CUERO CABELLUDO. SOLAMENTE VAS A SENTIR ALGO FRÍO.
6. AL INICIO DE CADA JUEGO APARECEN UNAS INSTRUCCIONES QUE VOY A LEERTE Y LUEGO LAS VAS A REPETIR CONMIGO. DEBES SEGUIRLAS AL PIE DE LA LETRA PARA QUE TE VAYA BIEN EN EL JUEGO. LUEGO APARECEN UNOS EJEMPLOS DE CÓMO DEBES RESPONDER, ESTOS NOS PERMITEN SABER SI ENTENDISTE TODAS LAS INSTRUCCIONES. CUANDO APAREZCA EN EL COMPUTADOR EL MENSAJE: “¿ESTÁS

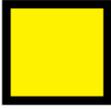
LISTO?, ¡AHORA SÍ COMENZAMOS! SOLAMENTE VAS A COMENZAR CUANDO YO TE LO INDIQUE, NO PUEDES OPRIMIR NINGUNA TECLA ANTES.

J. ANEXO. Instrucciones de cada una de las tareas



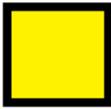
K. ANEXO: Instrucciones gráficas de tareas conductuales para participantes

ba 

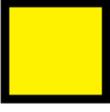
da 

Palabra real 

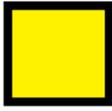
Palabra

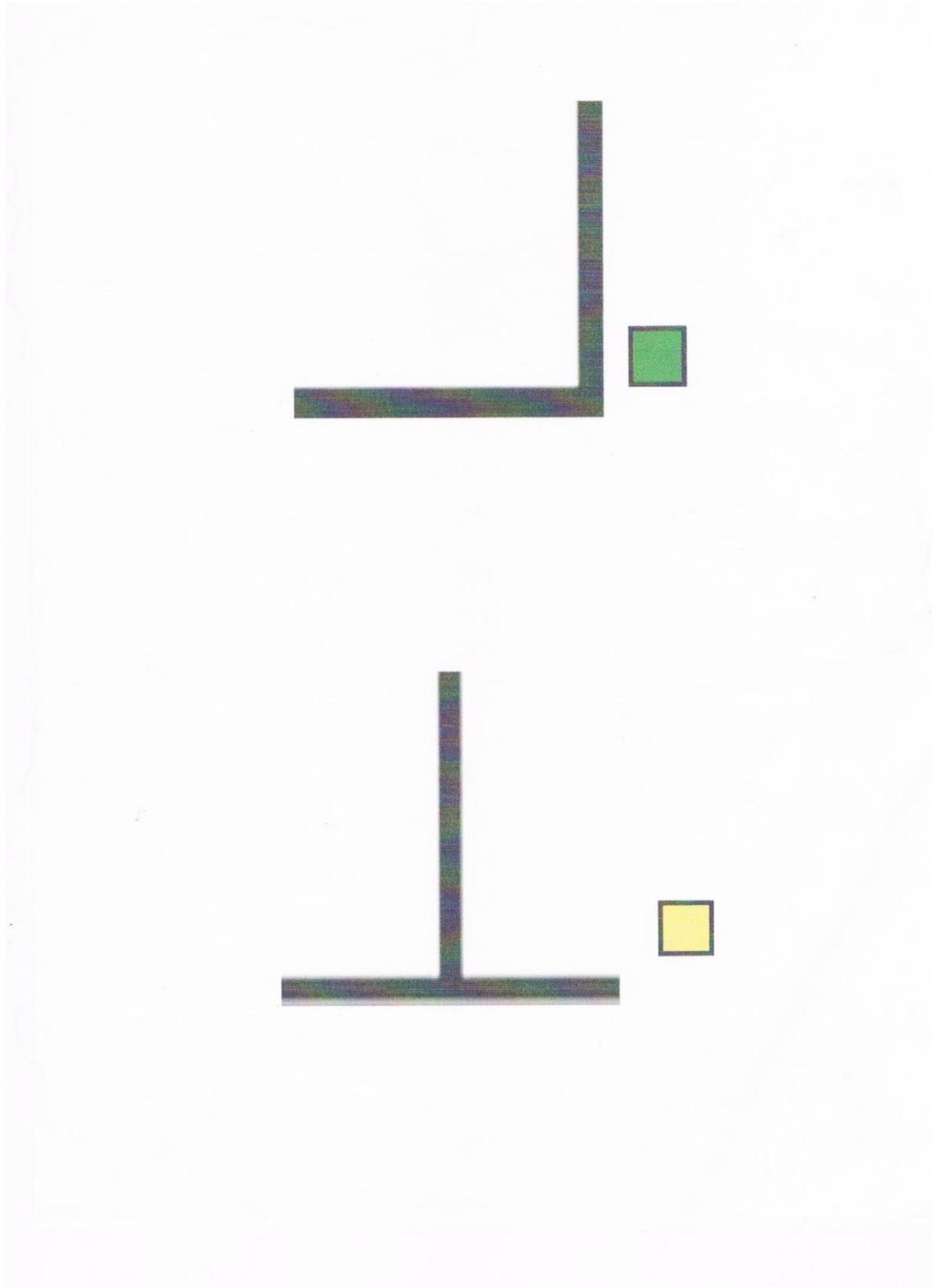
inventada 

q 

p 

Pito grave 

Pito agudo 



L. ANEXO: Acta de evaluación del comité de ética



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
SEDE BOGOTÁ
FACULTAD DE MEDICINA
COMITÉ DE ÉTICA
ACTA DE EVALUACIÓN

CE - 008

ACTA DE EVALUACIÓN: N°. 63
Fecha: 24 de octubre de 2013

Nombre completo del proyecto: **““DIFERENCIAS EN LA VELOCIDAD DE PROCESAMIENTO, EN NIÑOS CON DISLEXIA Vs CONTROLES, MEDIDAS CON POTENCIALES EVOCADOS DE LARGA LATENCIA (P300)”**.

Versión número: 01

Sometido por: la estudiante *Silvia Angélica Puertas Céspedes*

Presentado por: el profesor *Humberto Arboleda Granados, Coordinador*

Departamento o Sección: *Maestría en Neurociencias de la Facultad de Medicina*

Fecha en que fue sometido a consideración del Comité: **24 de octubre de 2013**

El COMITÉ DE ÉTICA DE INVESTIGACION DE LA FACULTAD DE MEDICINA. Se constituyó mediante la Resolución 152, (Acta No. 43 del 5 de diciembre de 1996 actualizado mediante resolución 008 (acta 03 de 27 de enero de 2011), de Consejo de Facultad el Comité de Ética de investigación, el cual está regido por la Resolución 008430 del 4 de octubre de 1993 del Ministerio de Salud de Colombia que estableció las normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud; los principios de la Asamblea Médica Mundial expuestos en su Declaración de Helsinki de 1964, última revisión del año 2000; y el código de regulaciones federales, título 45, parte 46, para la protección de los sujetos humanos, del departamento de salud y servicios humanos de los institutos Nacionales de Salud de los Estados Unidos (Junio 18 de 1991).

El Comité de Ética de la Facultad de Medicina certifica que:

1. Sus miembros revisaron los siguientes documentos del presente proyecto:
 - ✓ Carta de presentación del proyecto generada por la unidad básica o el departamento.
 - ✓ Copia de la evaluación de los jurados o pares académicos que evaluaron y aprobaron el trabajo)
 - ✓ Copia del proyecto completo de investigación,
 - ✓ Dos resúmenes ejecutivos
 - ✓ Dos copias del consentimiento informado (en español y cuando la investigación lo amerite).
 - ✓ Hojas de vida resumidas de los investigadores y coinvestigadores del proyecto
 - ✓ Consideraciones éticas según resolución 8430 Ministerio de Salud.
 - ✓ Resultados de evaluación por otros comités (si aplica)
2. El presente proyecto fue evaluado y aprobado por los siguientes miembros del Comité:

1	Arteaga Díaz Clara Eugenia	Departamento de Obstetricia y Ginecología
2	Chaverra Mena Damiana	Asesora Juridica Facultad de Medicina
3	Gueirero Fonseca Carlos Arturo	Departamento de Ciencias Fisiológicas
4	Parra Pineda Mario Orlando	Departamento de Obstetricia y Ginecología

Elly/ Jeannette P. Al-

Carrera 30 No. 45-03, FACULTAD DE MEDICINA, Edificio 471 Piso 4º, Oficina 401
Teléfono: (57-1) 316 5251 Comutador: (57-1) 316 5000 Ext. 15167 – 15008
Correo electrónico: eticasalud_fmbog@unai.edu.co
Bogotá, Colombia, Sur América



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
SEDE BOGOTÁ
FACULTAD DE MEDICINA
COMITÉ DE ÉTICA
ACTA DE EVALUACIÓN

3. El Comité consideró que el presente estudio:

- a. Es válido desde el punto vista ético. La investigación involucra un riesgo igual al promedio para los sujetos que participan en ella. La investigación se ajusta a los estándares de la buena práctica clínica.
- b. El Comité considera que las medidas que están siendo tomadas para proteger a los sujetos humanos son adecuadas

4. El Comité informará inmediatamente a las directivas institucionales:

- a. Todo desacato de los investigadores a las solicitudes del Comité.
- b. Cualquier suspensión o terminación de la aprobación por parte del Comité.

5. El Comité informará inmediatamente a las directivas, toda información que reciba acerca de:

- a. Lesiones o daños a sujetos humanos con motivo de su participación en la investigación Problemas imprevistos que involucren riesgos para los sujetos u otras personas.
- b. Cualquier cambio o modificación a este proyecto que haya sido revisado y aprobado por este comité

6. Cuando el proyecto sea aprobado, será por un período de un (1) año a partir de la fecha de aprobación.

7. El Investigador principal deberá:

- a. Informar de cualquier cambio que se proponga introducir en el proyecto. Estos cambios no podrán ejecutarse sin la aprobación previa del COMITÉ DE ÉTICA DE LA FACULTAD DE MEDICINA) excepto cuando sean necesarios para minimizar o suprimir un peligro inminente o un riesgo grave para los sujetos que participan en la investigación.
- b. Avisar de cualquier situación imprevista que se considere implica algún signo de riesgo para los sujetos o la comunidad o el medio en el cual se lleva a cabo el estudio.
- c. Informar de cualquier evento adverso serio de algún paciente, comunicando la situación al secretario y al presidente del Comité de Ética), de acuerdo con la normatividad que el INVIMA a generado a este respecto.
- d. Poner en conocimiento del comité toda información nueva importante respecto al estudio, que pueda afectar la relación riesgo/beneficio de los sujetos participantes.
- e. Comunicar cualquier decisión tomada por otros comités con respecto a la investigación que se lleva a cabo.
- f. Informar de la terminación prematura o suspensión del proyecto explicando las causas o razones.
- g. Presentar a este comité un informe cuando haya transcurrido un año, contado a partir de la aprobación del proyecto. Los proyectos con duración mayor a un año, serán reevaluados a partir del informe de avance Integrado.
- h. Todos los proyectos deben entregar al finalizar un informe final de cierre del estudio, este cierre puede ser el informe final en formato completo o en formato de resumen de cierre de estudio, firmado por el investigador responsable del estudio.

8. Observaciones:

El comité considera que el proyecto de investigación no presenta dilemas éticos por lo tanto emite **Concepto Aprobatorio**.


Nombre: CARLOS ARTURO GUERRERO FONSECA
Título: PhD Doctorado en Bioquímica, MSc. en Farmacología y MSc. en Genética Humana
Cargo: Presidente Comité de Ética

Elly, Jeannette P. Al-



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

SEDE BOGOTÁ
FACULTAD DE MEDICINA
COMITÉ DE ÉTICA
ACTA DE EVALUACIÓN

CE - 019

ACTA DE EVALUACIÓN: N°. 098-14

Fecha: 09 de octubre de 2014

Nombre completo del proyecto "DIFERENCIAS EN LA VELOCIDAD DE PROCESAMIENTO, EN NIÑOS CON DISLEXIA Vs CONTROLES, MEDIDAS CON POTENCIALES EVOCADOS DE LARGA LATENCIA (P300)".

Versión número: 01

Sometido por: la estudiante Silvia Angélica Puertas Céspedes

Presentado por: el profesor Humberto Arboleda Granados, Coordinador Académico r

Departamento o Sección: Maestría en Neurociencias de la Facultad de Medicina

Fecha en que fue sometido a consideración del Comité: 09 de octubre de 2014

El COMITÉ DE ÉTICA DE INVESTIGACION DE LA FACULTAD DE MEDICINA. Se constituyó mediante la Resolución 152, (Acta No. 43 del 5 de diciembre de 1996 actualizado mediante resolución 008 (acta 03 de 27 de enero de 2011), de Consejo de Facultad el Comité de Ética de investigación, el cual está regido por la Resolución 008430 del 4 de octubre de 1993 del Ministerio de Salud de Colombia que estableció las normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud; los principios de la Asamblea Médica Mundial expuestos en su Declaración de Helsinki de 1964, última revisión del año 2000; y el código de regulaciones federales, título 45, parte 46, para la protección de los sujetos humanos, del departamento de salud y servicios humanos de los institutos Nacionales de Salud de los Estados Unidos (Junio 18 de 1991).

El Comité de Ética de la Facultad de Medicina certifica que:

1. Sus miembros revisaron los siguientes documentos del presente proyecto:

- ✓ Carta de presentación del proyecto generada por la unidad básica o el departamento.
- ✓ Copia de la evaluación de los jurados o pares académicos que evaluaron y aprobaron el trabajo)
- ✓ Copia del proyecto completo de investigación,
- ✓ Dos resúmenes ejecutivos
- ✓ Dos copias del consentimiento informado (en español y cuando la investigación lo amerite).
- ✓ Hojas de vida resumidas de los investigadores y coinvestigadores del proyecto
- ✓ Consideraciones éticas según resolución 8430 Ministerio de Salud.
- ✓ Resultados de evaluación por otros comités (si aplica)

2. El presente proyecto fue evaluado y aprobado por los siguientes miembros del Comité:

- | | | |
|---|--------------------------------|---|
| 1 | Amador Luis Roberto | Departamento de Patología |
| 3 | Arteaga Díaz Clara Eugenia | Departamento de Obstetricia y Ginecología |
| 4 | Figueredo Vargas Shirley | Asesora Jurídica Facultad de Medicina |
| 6 | Guerrero Fonseca Carlos Arturo | Presidente Comité de Ética |
| 7 | Parra Pineda Mario Orlando | Departamento de Obstetricia y Ginecología |

3. El Comité consideró que el presente estudio:

Elb/, Jeannette P. Al.-

Carrera 30 No. 45-03, FACULTAD DE MEDICINA, Edificio 471 Piso 4º, Oficina 401

Teléfono: (57-1) 316 5251 Conmutador: (57-1) 316 5000 Ext. 15167 - 15008

Correo electrónico: eticasalud_fmbog@unal.edu.co

Bogotá, Colombia, Sur América



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

SEDE BOGOTÁ

FACULTAD DE MEDICINA

COMITÉ DE ÉTICA

ACTA DE EVALUACIÓN

a. Es válido desde el punto vista ético. La investigación involucra un riesgo igual al promedio para los sujetos que participan en ella. La investigación se ajusta a los estándares de la buena práctica clínica.

b. El Comité considera que las medidas que están siendo tomadas para proteger a los sujetos humanos son adecuadas

4. El Comité informará inmediatamente a las directivas institucionales:

- a. Todo desacato de los investigadores a las solicitudes del Comité.
- b. Cualquier suspensión o terminación de la aprobación por parte del Comité.

5. El Comité informará inmediatamente a las directivas, toda información que reciba acerca de:

- a. Lesiones o daños a sujetos humanos con motivo de su participación en la investigación. Problemas imprevistos que involucren riesgos para los sujetos u otras personas.
- b. Cualquier cambio o modificación a este proyecto que haya sido revisado y aprobado por este comité

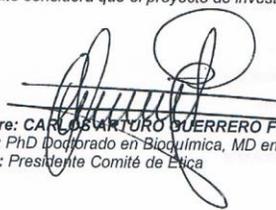
6. Cuando el proyecto sea aprobado, será por un periodo de un (1) año a partir de la fecha de aprobación.

7. El Investigador principal deberá:

- a. Informar de cualquier cambio que se proponga introducir en el proyecto. Estos cambios no podrán ejecutarse sin la aprobación previa del COMITÉ DE ÉTICA DE LA FACULTAD DE MEDICINA) excepto cuando sean necesarios para minimizar o suprimir un peligro inminente o un riesgo grave para los sujetos que participan en la investigación.
- b. Avisar de cualquier situación imprevista que se considere implica algún signo de riesgo para los sujetos o la comunidad o el medio en el cual se lleva a cabo el estudio.
- c. Informar de cualquier evento adverso serio de algún paciente, comunicando la situación al secretario y al presidente del Comité de Ética), de acuerdo con la normatividad que el INVIMA a generado a este respecto.
- d. Poner en conocimiento del comité toda información nueva importante respecto al estudio, que pueda afectar la relación riesgo/beneficio de los sujetos participantes.
- e. Comunicar cualquier decisión tomada por otros comités con respecto a la investigación que se lleva a cabo.
- f. Informar de la terminación prematura o suspensión del proyecto explicando las causas o razones.
- g. Presentar a este comité un informe cuando haya transcurrido un año, contado a partir de la aprobación del proyecto. Los proyectos con duración mayor a un año, serán reevaluados a partir del informe de avance integrado.
- h. Todos los proyectos deben entregar al finalizar un informe final de cierre del estudio, este cierre puede ser el informe final en formato completo o en formato de resumen de cierre de estudio, firmado por el investigador responsable del estudio.

8. Observaciones:

El comité considera que el proyecto de investigación no presenta dilemas éticos por lo tanto emite **Concepto Aprobatorio**.


 Nombre: CARLOS ARTURO GUERRERO FONSECA
 Título: PhD Doctorado en Bioquímica, MD en Farmacología y MSc. en Genética Humana
 Cargo: Presidente Comité de Ética

Eib/ Jeannette P. Al.-

11. Referencias Bibliográficas

- Ackerman, P. T., Dykman, R. A., & Oglesby, D. M. (1994). Visual event-related potentials of dyslexic children to rhyming and nonrhyming stimuli. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, *16*, 138-154.
- Adams, M. J. (1990). *Beginning to read: Thinking and learning about print*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Allison, T., Woods, C. C. & McCarthy, G. M. (1986). The central nervous system. In *Psychophysiology: Systems, Processes, and Applications*, M. G. H. Coles, E. Donchin, & S. W. Forges, (Eds.). New York: Guilford Press.
- APA (2002). *Manual Diagnóstico y Estadístico de los trastornos mentales, DSM-IV-TR*. Barcelona: Masson.
- Baddeley, A.D. (1986). *Working memory*. Oxford: Clarendon Press.
- Barron, R.W. (1991). Proto-literacy, literacy, and the acquisition of phonological awareness, *Learning and Individual Differences*, *31*, 243-255.
- Barnea, N.A., & Breznitz, Z. (1998). Phonological and orthographic; processing of Hebrew words: Electrophysiological aspects. *The Journal of Genetic Psychology*, *159*, 492-504.
- Barnea, A., Lamm, O., Epstein, R., & Pratt, H. (1994). Brain potentials from dyslexic children recorded during short-term memory tasks. *International Journal of Neuroscience*, *74*, 227-237.
- Belinchón, M., Riviére, A., & Igoa, J. M. (1992). La percepción del Lenguaje. En *Psicología del Lenguaje. Investigación y Teoría* (pp. 319-361). Madrid: Trotta.
- Bentin, S., Mouchetant-Rostaing Y., Giard, M. H., Echallier, J. F., & Pernier, J. (1999) ERP Manifestations of Processing Printed Words at Different Psycholinguistic Levels: Time course and Scalp Distribution. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *11*(3), 235-260.
- Benton, A.L., & Pearl, D. (Eds.). (1978). *Dyslexia: An appraisal of current knowledge*. New York: Oxford.
- Blakemore, J., & Frith, U. (2008). *Como aprende el cerebro*, Barcelona: Editorial Ariel.

- Blakemore, J., & Frith, U. (2008). Sistema de lectura del cerebro en inglés e italiano [Figura]. Recuperado de Blakemore, J., & Frith, U. (2008). *Como aprende el cerebro*, Barcelona: Editorial Ariel.
- Blakemore, J., & Frith, U. (2008). El sistema de lectura del cerebro se compone de varias áreas diferentes. [Figura]. Recuperado de Blakemore, J., & Frith, U. (2008). *Como aprende el cerebro*, Barcelona: Editorial Ariel.
- Blakemore, J., & Frith, U. (2008). El área de la forma de las palabras. [Figura]. Recuperado de Blakemore, J., & Frith, U. (2008). *Como aprende el cerebro*, Barcelona: Editorial Ariel.
- Blakemore, J., & Frith, U. (2008). Se llevaron a cabo escáneres cerebrales en voluntarios del Reino Unido, Francia e Italia mientras leían [Figura]. Recuperado de Blakemore, J., & Frith, U. (2008). *Como aprende el cerebro*, Barcelona: Editorial Ariel.
- Bowers, P.G., Golden, J., Kennedy, A., & Young, A (1994). Limits upon orthographic knowledge due to processes indexed by naming speed. En V. Berniger 8 Ed.), *The varieties of orthographic knowledge. Vol I: Theoretical and developmental issues* (pp.173-218). Dordrecht, the Netherlands: Kluwer Academic.
- Bowers, G., & Wolf, M. (1993). Theoretical links among naming speed, precise timing mechanisms, and orthographic skill in dyslexia. *Reading and Writing, 5*, 69–85.
- BrainVision Analyzer User Manual 2.0.1., version 003* (2009). Brain Products GmbH
- Breznitz, Z. (1987). Increasing first graders' reading accuracy and comprehension by accelerating their reading rates. *Journal of Educational Psychology, 79*(3), 236-242.
- Breznitz, Z. (1997). The effect of accelerated reading rate on memory for text among dyslexic readers, *Journal of Educational Psychology, 89*, 287–299.
- Breznitz, Z. (1998). Word reading in context battery. Unpublished test, University of Haifa.
- Breznitz, Z. (2002). Asynchrony of visual-orthographic and auditory-phonological word recognition processes: An underlying factor in dyslexia. *Reading and Writing, 15*, 15-42.
- Breznitz, Z. (2003a). Speed of phonological and orthographic processing as factors in Dyslexia: Electrophysiological evidence aspects. *Genetic, Social, and General Psychology Monographs, 129*(2), 183-206.
- Breznitz, Z. (2003b). Speed of phonological and orthographic processing as factors in dyslexia: Electrophysiological evidence. *Genetic, Social, and General Psychology Monographs, 129*, 183-206.
- Breznitz, Z., & Meyler, A. (2003). Speed of lower-level auditory and visual processing as a basic factor in dyslexia: Electrophysiological evidence. *Brain & Language, 16*, 785-803.
- Breznitz, Z., & Misra, M. (2003). Speed of processing of the visual-orthographic and auditory-phonological systems in adult dyslexics: The contribution of "asynchrony" to word recognition deficits. *Brain & Language, 85*, 486-502.

-
- Breznitz, Z., & Share, D.L. (1992). The effect of accelerated reading rate on memory of text, *Journal of Educational Psychology*, *84*(2), 193–199.
- Brunswick, N., McCrory, E., Price, C. J., Frith, C. D., & Frith, U. (1999). Explicit and implicit processing of words and pseudowords by adult developmental dyslexics: A search for Wernicke's Wortschatz. *Brain*, *122*, 1901–1917.
- Charles, G., & Hansenne, M. (1992). Le potentiel lent P300, intérêt clinique dans trois pathologies mentales et neurobiologie: Une revue. *Encéphale*, *18*, 225-236.
- Chayo-Dichy, R., Meneses, S., Ostrosky, F., Harmony, T., & Guevara, M. A. (1990) Los potenciales relacionados con los eventos: CNV y PINV en sujetos normales y disléxicos, *Revista Salud Mental (México)*, *13*(1), 19-25.
- CIOMS, (2002). Pautas Éticas Internacionales para la Investigación Biomédica en Seres Humanos. Ginebra: Consejo de Organizaciones Internacionales de las Ciencias Médicas (CIOMS) en colaboración con la Organización Mundial de la Salud.
- Cohen, J. & Polich, J. (1997). On the number of trials needed for P300. *International Journal of Psychophysiology*, *25*(3), 249–255.
- Collado, M. A., Cano, A., Cordero, L. M., Reyes, B., Toral, R., & Mora, I. (1996) Mapeo cerebral del electroencefalograma y los potenciales evocados visuales en pacientes con dislexia, *Acta Pediátrica de México*, *17*(2), 67-72.
- Colet, A.V., Piera, P.J.F, & Pueyo, A.A. (1993). Initial stages of information processing and inspection time: electrophysiological correlates. *Personality and individual differences*, *14*, 733–8.
- Coltheart, M. (1987) *Varieties of developmental dyslexia: A comment on Bryant and Impey*. *Cognition*, *27*, 97-101.
- Comerchero, M.D., & Polich, J. (1999). P3a and P3b from typical auditory and visual stimuli. *Clinical Neurophysiology*, *110*, 24-30.
- Compton, D.L. & Carlisle, J.F. (1994). Speed of word recognition as a distinguishing characteristic of reading disabilities. *Educational Psychology Review*, *6*, 115–140.
- Corcos, E., Kruk, R.S. & Willows, D.M. (1993). The processing of orthographic information. En D.N.Willows, R.S. Kruk & E. Corcos (Eds.), *Visual processing in reading and Reading disabilities* (pp. 163–190). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Crump, J. (s.f.) Potenciales evocados: Bases anatomofisiológicas e indicaciones. En *Guía Neurológica 7*, Asociación Colombiana de Neurología. Recuperado de <http://www.acnweb.org/guia/g7cap13.pdf>.
- Catts, H. W., Fey, M. E., Zhang, X., & Tomblin, J. B. (1999). Language basis of reading and reading disabilities: Evidence from a longitudinal investigation. *Scientific Studies of Reading*, *3*, 331–361.

- Cuetos, F., (2011), *Psicología de la lectura*, Wolters Luwer España S.A., Madrid, España
- Cuetos, F., Rodríguez, B., Ruano, E., & Arribas, D. (2014). *PROLEC-R*. Batería de Evaluación de los Procesos Lectores, Revisada (5.ª edición). Madrid: TEA Ediciones.
- Cycowicz, Y. M., Friedman, D., & Rothstein, M. (1996). An ERP study of repetition priming by auditory novel stimuli. *Psychophysiology*, *33*, 680-690.
- Davies, R., Cuetos, F., & Glez-Seijas, R.M. (2007) Reading Development and dyslexia in a transparent orthography: A survey of Spanish children. *Annals of Dyslexia*, *57*, 179-198.
- DeFries, J. C., & Alarcón, M. (1996). Genetics of specific reading disability. *Mental Retardation and Developmental Disabilities. Research Reviews*, *2*, 39–47.
- Deldin, P. J., Duncan, C.C., & Miller, G.A. (1994). Season, gender, and P300. *Biological Psychology*, *39*, 15–28.
- Denckla, M.B., & Rudel, R.G. (1976). Rapid “automatized” naming (R.A.N.): Dyslexia differentiated from other learning disabilities. *Neuropsychologia*, *14*, 471-479.
- Dickinson, O.K., & Tabors, P.O. (Eds.) (2001). *Beginning literacy with language: Young children learning at home and school*. Baltimore: Paul H. Brookes.
- Donchin, E., & Israel, J. B. (1980). Event-related brain potential and psychological theory. In: H. H. Kornhuber, & L. Deecke, (Eds.), *Motivation, motor and sensory processes of the brain: Electrical potentials, behavior and clinical use* (pp. 697–715). North-Holland, Amsterdam: Elsevier.
- Dunn, B. R., Dunn, D. A., Languis, M., & Andrews, D., (1998). The relation of ERP components to complex memory processing. *Brain and Cognition*, *36*, 355-376.
- Duncan, C. C., Barry, R., Connolly, J., Fischer, C., Michie, P., Näätänen, R., ... Van Petten, C. (2009) Event-related potentials in clinical research: Guidelines for eliciting, recording, and quantifying mismatch negativity, P300 and N400. *Clinical Neurophysiology*, *120*, 1883-1908.
- Duncan-Johnson, C.C., & Donchin, E. (1977). On quantifying surprise: the variation of event-related potentials with subjective probability. *Psychophysiology*, *14*, 456–467.
- Duncan-Johnson, C.C. (1981). P300 latency: a new metric of information processing. *Psychophysiology*, *18*, 207–215.
- Duncan-Johnson, C.C., & Kopell, B.S. (1981). The Stroop effect: brain potentials localize the source of interference. *Science*, *214*, 938–940.
- Duncan-Johnson, C.C., & Donchin, E. (1982). The P300 component of the event-related brain potential as an index of information processing. *Biological Psychology*, *14*, 1–52.

-
- Duncan, C. C., Rumsey, J. M., Wilkniss, S. M., Denckla, M. B., Hamburger, S. D., & Odou- Potkin, M. (1994). Developmental dyslexia and attention dysfunction in adults: Brain potential indices of information processing. *Psychophysiology*, *31*, 386-401.
- Eden, G F., & Zeffiro, T.A. (1998). Looking beyond the reading difficulties in dyslexia, a vision deficit. In B.M. Jubilan (Ed.), *Biopsychology 98/99* (pp. 192-196). Guilford: Dushkin/McGraw-Hill.
- Eden, G.F., Stein, J.F., & Wood, F.B. (1993). Visuospatial ability and language processing in reading disabled and normal children. In: S.F. Wright & R. Groner (eds.), *Facets of dyslexia and its remediation* (pp. 321–336). Amsterdam: Elsevier.
- Elbro, C. (1997). Early linguistic abilities and reading development: A review and a hypothesis about underlying differences in distinctiveness of phonological representations of lexical items. *Reading and Writing*, *8*, 453–485.
- Erez, A., & Pratt, H. (1992). Auditory event-related potentials among dyslexic and normal Reading children: 3CLT and midline comparisons. *International Journal of Neuroscience*, *63*, 247-264.
- Fawcett, A. J., Chattopadhyay, A. K., Kandler, R. H., Jarrat, J. A., Nicolson, R. I., & Proctor, M. (1993). Event-related potentials and dyslexia. En P. Tallal, A. M. Galaburda, R. R. Llinas, & C. von Eurler (Eds.), *Temporal information processing in the nervous system. Annals of the New York Academy of Sciences*, *682*, 342-345.
- Fitzgerald, P.G., & Picton, T. W. (1983). Event-related potentials recorded during the discrimination of improbable stimuli, *Biological Psychology*. *17*, 241-276.
- Francks, C., Fisher, S. E., Olson, R. K., Pennington, B. F., Smith, S. D., & DeFries, J. C., & Monaco, A.P. (2002). Fine mapping of the chromosome 2p12-16 dyslexia susceptibility locus: Quantitative association analysis and positional candidate genes SEMA4F and OTX1. *Psychiatric Genetics*, *12*, 35–41.
- Fisher, J. H. (1905). Case of congenital word-blindness. *Ophthalmic Review*, *24*, 315.
- Fisher, S. E., & DeFries, J. C. (2002). Developmental dyslexia: Genetic dissection of a complex cognitive trait. *Nature Reviews Neuroscience*, *3*, 767–780.
- Frecuencias léxicas de libros de texto en español. Nivel Primaria* (2009). Laboratorio de Neurofisiología Clínica del Instituto de Neurociencias de la Universidad de Guadalajara. México.
- Friedman, D., Simpson, G., & Hamberger, M. (1993). Age related changes in scalp topography to rare and target stimuli. *Psychophysiology*, *30*, 383–396.
- Friedman, D. & Simpson, G.V. (1994). ERP amplitude and scalp distribution to target and novel events: Effects of temporal order in young, middleaged and older adults. *Cognitive Brain Research*, *2*, 49–63.

- Galaburda, A. M., Menard, M., & Rosen, G. D. (1994). Evidence for aberrant auditory anatomy in developmental dyslexia. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, *91*, 8010–8013.
- Galaburda, A., Rosen, G., & Sherman, A. (1990). Individual variability in cortical organizations: Its relationship to brain laterality and implications to function. *Neuropsychologia*, *28*, 529–546
- Galaburda, A. M., Sherman, G. F., Rosen, G. D., Aboitiz, F. & Geschwind, N. (1985). Developmental dyslexia: Four consecutive patients with cortical anomalies. *Annals of Neurology*, *18*, 222–233.
- Getman, G.N. (1985). A commentary on vision. *Journal of Learning Disabilities*, *18*, 505–511.
- Gilger, J.W., Borecki, I.B., Smith, S.D., DeFries, J.C., & Pennington, B.F. (1996). The ethiology of extreme scores for complex phenotypes: an illustration using reading performance. En C.H. Chase, G.D. Rosen & G.F. Sherman (Eds.). *Developmental dyslexia. Neural, cognitive and genetic mechanisms* (pp.63-85). Baltimore: York Press.
- Gillón, G. (2004). *Phonological awareness: From research to practice*. New York: The Guilford Press.
- Gómez-Velázquez F. R., González-Garrido A. A., & Vega-Gutierrez, O. (2013) Naming abilities and Orthographic Recognition during Childhood an Event-Related Brain Potentials Study. *International Journal of Psychological Studies*, *5*(1), 55-68.
- González-Garrido A. A., Gómez-Velázquez F. R., Zarabozo D., Ruiz-Villeda B. A., & de la Serna Tuya, J. M. (2011). Rapid automatized naming and lexical decision in children from an electrophysiological perspective. *Clinical EEG & Neuroscience*, *42*, 14-23.
- González-Garrido A. A., Gómez-Velázquez F. R., & Rodríguez-Santillán, E. (2014). Orthographic Recognition in Late Adolescents: An Assesment Through Event-Related Brain Potentials. *Clinical EEG and Neuroscience*, *45*(2), 113-121.
- Greene, B.A., & Royer, J.M. (1994). A developmental review of response time data that support a cognitive components model of reading, *Educational Psychology Review*, *6*, 141–172.
- Grigorenko, E.L., Wood, F.B., Meyer, M.S., Hart, L.A., Spped, W.C., Shuster, A., & Pauls, D.L. (1997). Susceptibility loci for distinct components of developmental dyslexia on chromosomes 6 and 15. *American Journal of Human Genetics*, *60*(1) 27-30.
- Gutiérrez, N., Rangel, C., & Tovar, J. (2012). Medición del potencial evocado cognitivo, P300, en un grupo de individuos colombianos sanos. *Revista de Ciencias de la Salud*, *11*(2), 195-204.
- Guzmán, R. (1997). *Métodos de lectura y acceso al léxico*. Tesis Doctoral. Departamento de Psicología Educativa, evolutiva y psicobiología. Universidad de La Laguna.
- Habib, M., & Robichon, F. (1996). Parietal lobe morphology predicts phonological skills in developmental dyslexia. *Brain and Cognition*, *32*, 139-142.

-
- Hall, M.H., Schulze, K., Rijdsdijk, F., Picchioni, M., Ettinger, U., & Bramon, E., et al. (2006). Heritability and reliability of P300, P50 and duration mismatch negativity. *Behavior Genetics*, 36, 845–57.
- Hallgren, B. (1950). Specific dyslexia (congenital word-blindness): A clinical and genetic study. *Acta Psychiatrica et Neurologica Supplement*, 65, 1–287.
- Halgren, E., Baudena, P., Clarke, J.M., Heit, G., Marinkovic, K., Devaux, B., ... Biraben, A. (1995). Intracerebral potentials to rare target and distractor auditory and visual stimuli. II. Medial, lateral and posterior temporal lobe. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 94, 229-250.
- Halgren, E., Marinkovic, K., & Chauvel, P. (1998). Generators of the late cognitive potentials in auditory and visual oddball tasks. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 106, 156–64.
- Halgren, E., Squires, N.K., Wilson, C.L., Rorhbaugh, J.W., Babb, T.L., & Crandall, P.H. (1980) Endogenous potentials generated in the human hippocampal formation and amygdala by infrequent events. *Science*, 210, 803–805.
- Hannula-Jouppi, K., Kaminen-Ahola, N., Taipale, M., Eklund, R., Nopola-Hemmi, J., & Kaariainen, H., Kere, J. (2005). The axon guidance receptor gene *ROBO1* is a candidate gene for developmental dyslexia. *PLoS Genetics*, 1(4), e50.
- Hari, R., Valta, M., & Uutela, K. (1999). Prolonged attentional dwell time in dyslexic adults. *Neuroscience letters*, 271, 202-204
- Hari, R., & Renvall, H. (2001). Impaired processing of rapid stimulus sequences in dyslexia. *Trends in Cognitive Science*, 5(12), 525-532.
- Harm, M.W., & Seidenberg, M.S. (1999). Reading acquisition: phonology, and dyslexia: Insights from a connectionist model. *Psychological Review*, 106, 491-528.
- Harter, M. R., Anllo-Vento, L., Wood, F. B., & Schroeder, M. M. (1988). Separate brain potential characteristics in children with reading disability and attention deficit disorder: Color and letter-relevance effects. *Brain and Cognition*, 7, 115-140.
- Harter, M. R., Deiring, S., & Wood, F. B. (1988). Separate brain potential characteristics in children with reading disability and attention deficit disorder: Relevance-independent effects. *Brain and Cognition*, 7, 54-86.
- Hermann, K. (1959). Reading disability: A medical study of word blindness and related handicaps. Springfield, IL: Charles C. Thomas.
- Hillyard, S.A., Hink, R.F., Schwent, & V.L., & Picton, T.W. (1973). Electrical signs of selective attention in the human brain. *Science*, 182, 177–180.

- Hinshelwood, J. (1907). Four cases of congenital word-blindness occurring in the same family. *British Medical Journal*, *2*, 1229–1232.
- Hinshelwood, J. (1911). Two cases of hereditary word-blindness. *British Medical Journal*, *1*, 608–609.
- Hoefl, F., Hernandez, A., McMillon, G., Taylor-Hill, H., Martindale, J.L., & Meyler, A., ... Gabrieli, J. (2006). Neural basis of dyslexia: A comparison between dyslexic and nondyslexic children equated for reading ability. *Journal of Neuroscience*, *26*(42), 10700-10708.
- Hoffman, J. E. (1990). Event-related potentials and automatic and controlled processes. En J. W. Rohrbaugh & R. Parasuraman (Eds.), *Event-related brain potentials: Basic issues and applications* (pp. 145-157). New York: Oxford University Press.
- Holcomb, P. J., Ackerman, P. T., & Dykman, R. A. (1985). Cognitive event-related brain potentials in children with attention and reading deficits. *Psychophysiology*, *22*, 656-667.
- Holcomb, P.J., Ackerman, P.T. & Dykman, R.A. (1986). Auditory event-related potentials in attention and reading disabled boys, *International Journal of Psychophysiology*, *3*, 263–273.
- Hulme, C. (1988). *Short-term memory development and learning to read*. En M. Gruneberg, P. Morris, and R. Sykes (Eds) *Practical aspects of memory: Current research and issues*. Vol. 2: Clinical and Educational Implications. Chichester: Wiley.
- Humphrey, D.G & Kramer, A.F. (1994) Toward a psychophysiological assessment of dynamic changes in mental workload. *Human Factors*, *36*(1), 3-26.
- Hynd, G. W., Hall, J., Novey, E. S., Elipulos, D., Black, K. C., Gonzales, J., ... Cohen, M. (1995). Dyslexia and corpus callosum morphology. *Archives of Neurology*, *52*, 32-38.
- Wang, J.J., Bi, H.Y., Gao, L.Q., & Wydell, T.N. (2010). The visual magnocellular pathway in Chinese-speaking children with developmental dyslexia, *Neuropsychologia*, *48*, 3627-3633.
- Jiménez, J.E. & García, C. (2007) Learning disabilities in Guatemala and Spain: A cross-national study of the prevalence and cognitive processes associated and spelling disabilities. *Learning Disabilities Research & Practice*, *22*, 61-169.
- Jiménez, J.E., Rodríguez, C., & Ramírez, G. (2009) Spanish development dislexia: Prevalence, cognitive profile, and home literacy experiences. *Journal of Experimental Child Psychology*, *103*, 167-185.
- Johannes, S., Mangun, G. R., & Muentel, T. F (1994). Developmental dyslexia and cerebral lateralization: Electrophysiological findings. *Nervenarzt*, *65*, 859-864.
- Johnson, Jr., R. (1988a) Scalp-recorded P300 activity in patients following unilateral temporal lobectomy. *Brain*, *111*, 1517–29.

-
- Johnson, Jr., R. (1988b). The amplitude of the P300 component of the event-related potential: review and synthesis. In P.K. Ackles, J.R. Jennings, & M.G.H. Coles, M.G.H. (Eds.). *Advances in psychophysiology, volume 3* (pp. 69–138). Greenwich, CT: JAI Press.
- Johnson, Jr. R., & Donchin, E. (1978). On how P300 amplitude varies with the utility of the eliciting stimuli. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, *44*, 424–437.
- Jones, M. W., Branigan, H. P., & Kelly, M., L. (2008). Visual deficits in developmental dyslexia: relationships between non-linguistic visual tasks and their contribution to literacy. *Dyslexia*, *14*, 95–115
- Kandel, E. Schwartz, J.H. & Jessell, T.M. (Eds.), (2001). *Principios de Neurociencia*. McGraw-Hill Interamericana de España, S.A.U.
- Kandel, E. Schwartz, J.H. & Jessell, T.M. (Eds.), (2001). Los centros de procesamiento visual de la corteza cerebral están organizados en dos vías [Figura]. Recuperado de Kandel, E. Schwartz, J.H. & Jessell, T.M. (Eds) (2001). *Principios de Neurociencia*. McGraw-Hill Interamericana de España, S.A.U.
- Kandel, E. Schwartz, J.H. & Jessell, T.M. (Eds.), (2001). Probables funciones mediadas por las dos vías que ponen en contacto los centros de procesamiento visual de la corteza cerebral [Figura]. Recuperado de Kandel, E. Schwartz, J.H. & Jessell, T.M. (Eds.), (2001). *Principios de Neurociencia*. McGraw-Hill Interamericana de España, S.A.U.
- Kandel, E. Schwartz, J.H. & Jessell, T.M. (Eds.), (2001). Las vías auditivas centrales se extienden desde el núcleo coclear a la corteza auditiva [Figura]. Recuperado de Kandel, E. Schwartz, J.H. & Jessell, T.M. (Eds.), (2001). *Principios de Neurociencia*. McGraw-Hill Interamericana de España, S.A.U.
- Katsanis, J., Iacono, W.G., McGue, M.K., & Carlson, S.R. (1997). P300 event-related potential heritability in monozygotic and dizygotic twins. *Psychophysiology*, *34*, 47–58.
- Keil, A., Bradley, M.M., Hauk, O., Rockstroh, B., Elbert, T., & Lang, P.J. (2002). Large-scale neural correlates of affective picture processing. *Psychophysiology*, *39*, 641–649.
- Klingberg, T., Hedehus, M., Temple, E., Salz, T., Gabrieli, J.D., Moseley, M.E., & Poldrack, R.A. (2000). Microstructure of temporoparietal white matter as a basis for reading ability: Evidence from diffusion tensor magnetic resonance imaging. *Neuron*, *25*, 493-500.
- Knight, R.T. (1996). Contribution of human hippocampal region to novelty detection. *Nature*, *383*, 256–259.
- Knight, R.T., Scabini, D., Woods, D.L., & Clayworth, C.C. (1989). Contributions of temporal-parietal junction to the human auditory P3. *Brain Research*, *502*, 109–116.
- Kramer, A. F., Strayer, D. L., & Buckley, J. (1991). Task versus component consistency in the development of automatic processing: A psychophysiological assessment. *Psychophysiology*, *28*(4), 425–437.

- Kiss, I., Dashieff, R.M., & Lordeon, P. (1989) A parieto-occipital generator for P300: evidence from human intracranial recordings. *International Journal of Neuroscience*, 49,133–139.
- Kujala, A., & Näätänen, R. (2003). Auditory environment and change detection as indexed by the mismatch negativity (MMN). En J. Polich (Ed.). *Detection of change: event related potential and fMRI findings* (p. 1–22). Dordrecht, Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Kutas, M., McCarthy, G., & Donchin, E. (1977) Augmenting mental chronometry: the P300 as a measure of stimulus evaluation. *Science*, 197, 792–795.
- Lallier, M., Donnadieu, S., & Valdois, S., (2012) Developmental dyslexia: Exploring how much phonological and visual attention span disorders are linked to simultaneous auditory processing deficits, *Annals of Dyslexia*, 63(2), 97-116.
- Lehmkuhle, S., Garzia, R., Turner, L., Hash, T.M, Baro J.A. (1993). A defective visual pathway in children with reading disability, *New England Journal of Medicine*, 328, 989–996.
- Lewitter, F. L., DeFries, J. C., & Elston, R. C. (1980). Genetic models of reading disability. *Behavior Genetics*, 10(1), 9–30.
- Liberman, I. Y., & Shankweiler, D. (1979). Speech, the alphabet and teaching to read. En L. Resnick & P. Weaver (Eds.), *Theory and practice of early reading*, Vol. 2 (pp. 109-132). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Liberman, I.Y. & Shankweiler, D. (1991). Phonology and beginning to read. In: L. Reiben & C. A. Perfetti (eds.), *Learning to read* (pp. 3–17). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Livingstone, M. S., Rosen, G. D., Drislane, F. W., & Galaburda, A. M. (1991). Physiological and anatomical evidence for a magnocellular defect in developmental dyslexia. *Proceeding of the National Academy of Science*, 88(18), 7943-7947.
- Lovegrove, W.J. & Staghuis, W. (1989). How reliably are visual differences found in dyslexics?, *Irish Journal of Psychology*, 10, 542–550.
- Lovett, M. W. (1984). A developmental perspective on reading dysfunction: Accuracy and rate criteria in the subtyping of dyslexic children. *Brain and Language*, 22, 67-91.
- Lovrich, D., & Stamm, J. S. (1983). Event-related potential and behavioral correlates of attention in reading retardation. *Journal of Clinical Neuropsychology*, 5(1), 13-37.
- Lovegrove, W.J. & Staghuis, W. (1989). How reliably are visual differences found in dyslexics?, *Irish Journal of Psychology*, 10, 542–550.
- Lui, Y. Perfetti. C. A., & Hart. L. (2003). ERP evidence for the time course of graphic, phonological, and semantic information in Chinese meaning and pronunciation decisions. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 29, 1231-1247.
- Luck, S. J. (2005). *An Introduction to the Event-Related Potential Technique*. The MIT Press.

-
- Lyon, G. R., Shaywitz, S., & Shaywitz, B. (2003). A definition of dyslexia. *Annals of Dyslexia*, 53, 1–14.
- Lyon, G.R., Fletcher, J.M., & Barnes, M.C. (2002). Learning disabilities. In E.J. Mash and R.A. Barkley (Eds.) *Child psychopathology* (pp. 520-586) (Second Edition). New York: Guilford.
- McCarthy, G., Wood, C.C., Williamson, P.D., & Spencer, D.D. (1989). Task-dependent field potentials in human hippocampal formation. *The Journal of Neuroscience*, 9, 4253–4268.
- McMillan, J.H., & Schumacher, S. (2001) *Research in education: A conceptual introduction* (5th ed.). New York: Longman.
- Martínez, A., (2002), Potenciales Evocados Auditivos de Larga Latencia (PEALL) relacionados con el procesamiento de la información, *Universitas Psychologica*, 1(1), 67-80.
- Marinelli, C., Angelelli, P., Notarnicola, A., & Luzatti, C. (2009). Do Italian dyslexic children use the lexical reading route efficiently? An orthographic judgment task. *Reading and Writing*, 22, 333-351.
- Matute, E., Ardila, A., & Roselli, M., (2010) Trastorno de la lectura, En Roselli, M., Matute, E., & Ardila, A., (2010). *Neuropsicología del Desarrollo infantil*, (pp. 139-160), México: Manual Moderno.
- Matute, E., González, A., & Guajardo, S. (2012). El sistema de escritura del español y sus efectos sobre las manifestaciones de la dislexia En. Matute E., Guajardo, S. *Dislexia: Definición e intervención en hispanohablantes*, 2^o Edición, (pp. 37-48), México: Manual Moderno.
- Meng, H., Smith, S. D., Hager, K., Held, M., Liu, J., Olson, R. K., ... Gruen, J.R. (2005). DCDC2 is associated with reading disability and modulates neuronal development in the brain. *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA*, 102(47), 17053–17058.
- Meyler, A., & Breznitz, Z. (2003). Processing of phonological, orthographic and cross modal word representations among adult dyslexic and normal readers. *Reading and Writing: An interdisciplinary Journal*, 16, 785-803.
- Meyler, A., & Breznitz, Z. (2005). Impaired phonological orthographic word representations among adult dyslexic readers: Evidence from Event-Related Potentials. *The Journal of Genetic Psychology* 166(2), 215-238.
- Miller-Shaul, S., & Breznitz, Z. (2004). Electrocortical Measures during a Lexical Decision Task: A Comparison between Elementary School-Aged Children Normal and Dyslexic Readers and Adult, Normal and Dyslexics Readers. *Journal of Genetic Psychology*, 165, 399-424.
- Mody, M., Studdert-Kennedy, M., & Brady, S. (1997). Speech perception deficits in poor readers: Auditory processing or phonological coding? *Journal of Experimental Child Psychology*, 64, 199–231.
- Montañés, P., & De Brigard, F., (2011) *Neuropsicología clínica y cognoscitiva*, Bogotá: Biblioteca abierta.

- Nakamura, K., Dehaene, S., Jobert, A., Le Bihan, D., & Kouider, S. (2007). Task-specific change of unconscious neural priming in the cerebral language network. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *104*, 19643–19648.
- Naidoo, S. (1972). *Specific Dyslexia*. London: Pitman.
- Näätänen, R. (1995). The mismatch negativity: a powerful tool for cognitive neuroscience. *Ear and Hearing*, *16*, 6–18.
- Neville, H. J., Coffey, S. A., Holcomb, P. J., & Tallal, P. (1993). The neurobiology of sensory and language processing in language-impaired children. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *5*, 235–253.
- Nicolson, R. I., & Fawcett, A. J. (1990). Automaticity: A new framework for dyslexia research? *Cognition*, *35*, 159–182.
- Nicolson, R.I., & Fawcett, A.J. (1993). Children with dyslexia automatize temporal skills more slowly, *Annals of the New York Academy of Sciences*, *682*, 390–392.
- Nicolson, R.I. & Fawcett, A.J. (1994). Naming speed in children with dyslexia, *Journal of Learning Disabilities*, *27*, 641–646.
- Nicolson, R. I., Fawcett, A. J., & Dean, P. (2001). Developmental dyslexia: The cerebellar deficit hypothesis. *Trends in Neurosciences*, *24*, 508–511.
- Nieuwenhuis, S., Aston-Jones, G., & Cohen, J.D. (2005). Decision making, the P3, and the locus coeruleus-norepinephrine system. *Psychological Bulletin*, *131*, 510–532.
- Nicholas J., & Samra, S. (1997) Sensory evoked potentials, *Seminars in Anesthesia*, *16*(1), 14–27.
- Nopola-Hemmi, J., Taipale, M., Haltia, T., Lehesjoki, A. E., Voutilainen, A., & Kere, J. (2000). Two translocations of chromosome 15q associated with dyslexia. *Journal of Medical Genetics*, *37*(10), 771–775.
- O'Connor, S., Morzorati, S., Christian, J.C., & Li, T.K. (1994). Heritable features of the auditory oddball event-related potential: peaks, latencies, morphology and topography. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, *92*, 115–125.
- Omtzigt, D., Hendriks, A. W., & Holk, H. (2002). Evidence for magnocellular involvement in the identification of flanked letters. *Neuropsychologia*, *40*, 1881–1890.
- Orlebeke, J.F., Kok, A., & Zeillemaker, C.W. (1989). Disinhibition and the processing of auditory stimulus intensity: an ERP-study. *Personality and individual differences*, *10*, 445–451.
- Orton, S. T. (1925). Word-blindness in school children. *Archives of Neurology and Psychiatry*, *14*, 582–615.
- Ostrovsky, G., & Ardila, A. (1984) Potenciales evocados corticales, por información verbal en niños normales y disléxicos, *Acta Neurológica Colombiana*, *8*(2), 95–102.

-
- Ortiz, T., & Vila, E. (1994), Asimetría de los potenciales evocados tardíos (P300 y P400) en niños con dislexia, *Revista de Psicología General y Aplicada*, 47(1), 65-69.
- Ortiz, M. (2004) *Manual de dificultades de aprendizaje*. Madrid: Editorial Pirámide.
- Palmer, B., Nasman, V. T., & Wilson, G. F. (1994). Task detection difficulty: Effects on ERPs in a same-different letter classification task. *Biological Psychology*, 38(2-3), 199-214.
- Paulesu, E., Frith, U., Snowling, M., Gallagher, A., Morton, J., & Frackowiak, R. S. (1996). Is developmental dyslexia a disconnection syndrome? Evidence from PET scanning. *Brain*, 119, 143-157.
- Paulesu, E., Démonet, J.F., Fazio, F., McCrory, E., Chanoine, V., Brunswick, N., ...Frith, U. (2001). Dyslexia: cultural diversity and biological unity. *Science*, 291(5511), 2165-2167.
- Pelosi, L., Holly, M., Slade, T., Hayward, M., Barrett, G., & Blumhardt, L.D. (1992a) Event-related potential (ERP) correlates of performance of intelligence tests. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 84, 515-520.
- Pelosi, L., Holly, M., Slade, T., Hayward, M., Barrett, G., & Blumhardt, L.D. (1992b) Wave form variations in auditory event-related potentials evoked by a memory-scanning task and their relationship with tests of intellectual function. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 84, 344-352.
- Poblano, A., Druet, N., Peñaloza, Y., & Jiménez, R. (1991). Potenciales provocados auditivamente del tallo cerebral y de latencia media en disléxicos y controles, *Boletín Médico del Hospital Infantil de México*; 48(6), 434-9.
- Perfetti, C. (1992). The representation problem in reading acquisition. In P.B. Gough, L.C. Ehri & R. Trieman (eds.), *Reading acquisition* (pp. 145-174). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Perfetti, C. A., & Tan, L. H. (1999). The consistency model of Chinese word identification. In J. Wang, A. Imhoff, A. W. Chen, & H. C. Chen (Eds.), *Reading Chinese script: A cognitive analysis* (pp. 115-134). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Pennington, B.F., Filipek, P.A., Lefly, D., Churchwell, J., Kennedy, D.N., Simon, J.H., et al. (1999). Brain morphometry in reading-disabled twins. *Neurology*, 53, 723-729.
- Peterson, R.L., Pennington, B.F., & Olson, R.K. (2013). Subtypes of developmental dyslexia: Testing the predictions of the dual-route and connectionist frameworks. *Cognition*. 126, 20-38.
- Picton, T.W., & Stuss, D.T. (1980) The component structure of the human event-related potential. En Kornhuber, H. H., Deeke, L., (Eds.). *Motivation, motor, and sensory processes of the brain. Progress in brain research* (pp. 17-49). Amsterdam: Elsevier/North Holland Biomedical Press.

- Polich, J. M. (1987). Task difficulty, probability, and inter-stimulus interval as determinants of P300 from auditory stimuli. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology: Evoked Potentials*, 68 (4), 311–320.
- Polich, J. M. (1989). Habituation of P300 from auditory stimuli. *Psychobiology*, 17, 19-28.
- Polich, J., & Burns, T. (1987) P300 from identical twins. *Neuropsychologia*, 25, 299–304.
- Polich, J., & Heine, M. R. D. (1996). P300 topography and modality effects from a single-stimulus paradigm. *Psychophysiology*, 33(6), 747–752.
- Polich, J. & Kok, A. (1995). Cognitive and biological determinants of P300: An integrative review. *Biological Psychology*, 41,103-146.
- Polich, J., & Squire, L.R. (1993). P300 from amnesic patients with bilateral hippocampal lesions. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 86, 408–417.
- Preilowski, B., & Matute E. (2011). Diagnóstico Neuropsicológico y terapia y terapia de los trastornos de lectura-escritura (dislexia del desarrollo) *Revista Neuropsicología, Neuropsiquiatría y Neurociencias*, 11(1), 95-122
- Protocolo de obtención de registros (2011). Laboratorio de Psicología Experimental, Universidad El Bosque.
- Ramus, F. (2003). Developmental dyslexia: Specific phonological deficit or general sensorimotor dysfunction? *Current Opinion in Neurobiology*, 13, 212–218.
- Rayner, K., Foorman, B.R., Perfetti, C.A., Pesetsky, D., & Seidenberg, M.S. (2001). How Psychological science informs the teaching of reading. *Psychological Science*, 2 (2 suppl), 31-47.
- Resolución Nº 008430 (1993). Por la cual se establecen las normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud. República de Colombia, Ministerio de Salud.
- Robichon, F., & Habib, M. (1998). Abnormal callosal morphology in male adult dyslexics: Relationships to handedness and phonological abilities. *Brain and Language*, 62, 127- 146.
- Roselli, M., Matute, E., & Ardila, A. (2010). Dominios cognitivos incluidos en el WISC IV [Cuadro]. Recuperado de Matute, E., Roselli, M., Chamorro, Y., & Orozco, J. (2010) Pruebas neuropsicológicas infantiles en español. En Roselli, M., Matute, E., & Ardila, A., (2010). *Neuropsicología del Desarrollo infantil*, (pp. 119-136), México: Manual Moderno.
- Rosenzweig, M.R., & Bennett, E.L. (1996). Psychobiology of plasticity: Effects of training and experience on brain and behavior, *Behavioural Brain Research*, 78, 57–65.
- Roth, W.T, Ford, J.M., Pfefferbaum, A., & Elbert, T.R. (1995). Methodological issues in event-related brain potential and magnetic field studies. En F.E. Bloom, D.J. Kupfer (Eds.),

Psychopharmacology: The Fourth Generation of Progress (pp. 895– 910). New York: Raven Press, Ltd.

- Rumsey, J.M. (1996). Developmental Dyslexia: Anatomic and functional neuroimaging. *Mental retardation and developmental disabilities research reviews*, 2, 28-38.
- Schatschneider, D., Fletcher, J.M., Francis, D.J., Carlson, C.D., & Foorman, B.R. (2004). Kindergarten prediction of reading skills: A longitudinal comparative analysis. *Journal of Educational Psychology*, 96, 265-282.
- Shaul, S. (2008). Event-Related Potentials (ERPs) in the study of dyslexia: A review, *Brain Research in Language, Literacy Studies*, 1, 51-92.
- Shaywitz, S.E., Escobar, M.D., Shaywitz, B.A., Fletcher, J.M., & Makuch, R. (1992). Evidence that dyslexia may represent the lower tail of a normal distribution of reading ability. *The New England Journal of Medicine*, 326, 145–150.
- Shaywitz, B. A., Skudlarski, P., Holahan, J., Marchione, K., Constable, R., & Fulbright, R., ... Shaywitz, S.E. (2007). Age-related changes in reading systems of dyslexic children. *Annals of Neurology*, 61, 363–370.
- Shaywitz, S.E., Shaywitz, B.A., Pugh, K.R., Fulbright, R.K., Constable, R.T., Mencl, W.E., ... Gore, J.C. (1998). Functional disruption in the organization of the brain for reading in dyslexia. *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA*, 95, 2636–2641.
- Shaywitz, S., Morris, R., & Shaywitz, B. (2008). The education of dyslexic children from childhood to young adulthood. *Annual Review of Psychology*, 59, 451–475.
- Shaywitz, S.E., & Shaywitz, B. (2008). Paying attention to reading: The neurobiology of reading and dyslexia. *Development and Psychopathology*, 20, 1329-1349.
- Shaywitz, S.E., & Shaywitz, B. (2008). Neural signature for dyslexia. [Figura]. Recuperado de Shaywitz, S.E & Shaywitz, B. (2008). Paying attention to reading: The neurobiology of reading and dyslexia. *Development and Psychopathology*, 20, 1329-1349.
- Scheuerpflug, P., Plume, E., Vetter, V., Schulte-Koerne, G., Deimel, W., Bartling, J., ... Warnke, A. (2004). Visual information processing in dyslexic children. *Clinical Neurophysiology*, 115(1), 90–96.
- Schulte-Koerne, G., Bartling, J., Deimel, W., & Remschmidt, H. (2004). Visual evoked potential elicited by coherently moving dots in dyslexic children. *Neuroscience Letters*, 357(3), 207–210.
- Scarborough, H.S. (1990). Very early language deficits in dyslexic children. *Child Development*, 61, 1728– 1743.

- Seidenberg, M.S. (1990). Dyslexia in a computational model of word recognition in reading. En P.B. Gough, L.C. Ehri & R. Trieman (Eds.), *Reading acquisition* (pp. 243–273). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Seidenberg, M., (2007). Connectionist Models of Reading. En G. Gaskell (Ed.) *Oxford Handbook of Psycholinguistics*. Oxford University Press, pp.235-250.
- Serrano, F. & Defior, S. (2008) Dyslexia speed problems in a transparent orthography. *Annals of Dyslexia*, 58, 81-95.
- Skottun, B.C., & Parke, L.A. (1999). The possible relationship between visual deficits and dyslexia: Examination of a critical assumption. *Journal of Learning Disabilities*, 32, 2–5.
- Smith, M.E., Halgren, E., Sokolik, M., Baudena, P., Musolino, A., & Liegeois-Chauvel, C., et al. (1990) The intracranial topography of the P3 event-related potential elicited during auditory oddball. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 76, 235–248.
- Snow, C.E., Barnes, W., Chandler, J. Goodman, & Hemphill, L. (1991). *Unfulfilled expectations: Home and school influences on literacy*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Snowling, M.J. (2000); *Dyslexia* (2° ed.) Oxford: Blackwell.
- Snowling, M.J., Gallagher, A., & Frith, U. (2003). Family risk of dyslexia is continuous: Individual differences in the precursors of reading skill. *Child Development*, 74, 358–373.
- Snowling, M., & Hulme, C., (2005) *The Science of Reading: A handbook*. England: Blackwell Publishing.
- Spencer, K.M., Vila Abad, E., & Donchin, E. (2000). On the search for the neurophysiological manifestation of recollective experience. *Psychophysiology*, 37,494–506.
- Squires, N.K., Donchin, E., Squires, K.C., & Grossberg, S. (1977). Bisensory stimulation: inferring decision-related processes from P300 component. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 3, 299–315.
- Squires, N.K., Squires, K.C., & Hillyard, S.A. (1975). Two varieties of long-latency positive waves evoked by unpredictable auditory stimuli in man. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 38, 387–401.
- Stapleton, J.M, Halgren, E., & Moreno, K.A. (1987). Endogenous potentials after anterior temporal lobectomy. *Neuropsychologia*, 25, 549–57.
- Stanovich, K. E. (1986). Matthew Effects in Reading: Some Consequences of Individual Differences in the Acquisition of Literacy. *Reading Research Quarterly*, 21(4), 360–407.
- Stanovich, K.E. (1988a). Explaining the differences between the dyslexic and the garden variety poor reader: The phonological-core variable-difference model. *Journal of Learning Disabilities*, 21, 590–612.

-
- Stanovich, K.E. (1988b) Science and learning disabilities. *Journal of Learning Disabilities*, 21(4), 210-214.
- Stanovich, K.E. & West, R.F. (1989). Exposure to print and orthographic processing, *Reading Research Quarterly*, 24, 402–433.
- Stanovich, K.E. (1991). Word recognition: Changing perspectives. In P.D. Pearson (Ed.), *Handbook of reading research*, Vol. 2 (pp. 418–452). White Plains, NY: Longman.
- Stein, J. F. (2001). The magnocellular theory of developmental dyslexia. *Dyslexia*, 7(1), 12-36.
- Stein, J.F., & Talcott, J.B. (1999). The Magnocellular Theory of Dyslexia. *Dyslexia*, 5, 59-78.
- Stein, J., & Walsh, V. (1997). To see but not to read: The magnocellular theory of dyslexia. *Trends in Neurosciences*, 20(4), 147–152.
- Stelmack, R.M., & Houlihan, M. (1994). Event-related potentials, personality, and intelligence: concepts, issues, and evidence. En J.H. Saklofske, M. Zaidner, (Eds.) *International handbook of personality and intelligence* (pp. 349–365). New York: Plenum Press.
- Stephenson, S. (1907). Six cases of congenital word-blindness affecting three generations of one family. *Ophthalmoscope*, 5, 482–484.
- Storch, S. A., & Whitehurst, G. J. (2002). Oral language and code-related precursors to reading: Evidence from a longitudinal structural model. *Developmental Psychology*, 38, 934-947.
- Taipale, M., Kaminen, N., Napola-Hemmi, J., Haltia, T., Myllyluoma, B., Lyytinen, H., et al. (2003). A candidate gene for developmental dyslexia encodes a nuclear tetratricopeptide repeat domain protein dynamically regulated in the brain. PNAS Early Edition, www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1833911100.
- Tallal, P. (1980). Auditory temporal perception, phonics, and reading disabilities in children. *Brain and Language*, 9, 182–198.
- Tallal, P., Miller, S., & Fitch, R.H. (1993). Neurobiological basis of speech: A case of the preeminence of temporal processing. En P. Tallal, A.M. Galaburda, R.R. Llinas & C. von Euler (eds.), *Temporal information processing in the nervous system. Annals of the New York Academy of Sciences*, Vol. 682 (pp. 27–47). New York: New York Academy of Sciences.
- Taylor, M. J., & Keenan, N. K. (1990). Event related potentials to visual and language stimuli in normal and dyslexic children. *Psychophysiology*, 27, 318-327.
- Taylor, M. J., & Keenan, N. K. (1999). ERPs to orthographic, phonological, and semantic tasks in dyslexic children with auditory processing impairment. *Developmental Neuropsychology*, 15, 307-326.
- Thomas, C. J. (1905). Congenital word-blindness and its treatment. *Ophthalmoscope*, 3, 380–385.

- Tressoldi, P., Stella, G., & Faggella, M. (2001). The development of Reading Speed in Italians with Dislexia: A longitudinal study. *Journal of Learning Disabilities, 34*, 414-417.
- Tzeng, O., & Wang, W.S. (1984). Search for a common neurocognitive mechanism for language and movements. *American Journal of Physiology, 246*, 904-911.
- Vandoolaeghe, E., van Hunsel, F., Nuyten, D., & Maes, M., (1998) Auditory event related potentials in major depression: prolonged P300 latency and increased P200 amplitude. *Journal of Affective Disorders, 48*, 105-113.
- Vellutino, F.R. (1979). *Dyslexia: Theory and research*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Vellutino F.R, Fletcher J., Snowling M., & Scanlon D. (2004), Specific reading disability (dyslexia): what have we learned in the past four decades? *Journal of Child Psychology and Psychiatry 45*(1), 2-40.
- Vellutino, F.R., & Fletcher, J.M. (2005). Developmental Dyslexia. En M.J. Snowling, M.S., & C. Hulme (Eds.). *The Science of Reading: A Handbook*. (pp. 362-378). Oxford: Blackwell.
- Verleger, R. (1997). On the utility of P3 latency as an index of mental chronometry. *Psychophysiology, 34*, 131-56.
- Verleger, R., Heide, W., Butt, C., & Kömpf, D. (1994). Reduction of P3b in patients with temporoparietal lesions. *Cognitive Brain Research, 2*, 103-16.
- Wilson, G. F., Swain, C. R., & Ullsperger, P. (1998). ERP components elicited in response to warning stimuli: The influence of task difficulty. *Biological Psychology, 47*, 137-158.
- Wimmer, H., & Goswami, U. (1994) The influence of orthographic consistency on reading development: word recognition in English and German children. *Cognition, 51*, 91-103.
- Wimmer, H. (1993) Characteristics of developmental dyslexia in a regular writing system. *Applied Psycholinguistics, 14*, 1-33.
- Wolf, M. (1986). *RAS (Rapid Alternating Stimuli) naming test*. Tufts University, Boston.
- Wolf, M., Bally, H., & Morris, R. (1986). Automaticity, retrieval processes, and reading: A longitudinal study in average and impaired readers, *Child Development, 57*, 988-1000.
- Wolf, M., Pfeil, C., Lotz, R., & Biddle, K. (1994). Towards a more universal understanding of the developmental dyslexias: The contribution of orthographic factors. En Berninger, Virginia Wise (Ed). *The varieties of orthographic knowledge, 1: Theoretical and developmental issues. Neuropsychology and cognition, Vol. 8* (pp. 137-171). New York, NY, US: Kluwer Academic/Plenum Publishers.
- Wolf, M. (1991). Naming speed and reading: The contribution of the cognitive neurosciences, *Reading Research Quarterly, 26*(2), 123-141.
- Wolf, M., Bowers, P. & Biddle, K. (2000). Naming-speed processes, timing, and reading: A conceptual review. *Journal of Learning Disabilities, 33*, 387-407.

-
- Wolf, M. (2008). *Cómo aprendemos a leer. Historia y ciencia del cerebro y la lectura*. Barcelona: Ediciones B.S.A.
- Wolf, M. (2008). Sistema límbico [Figura]. Recuperado de Wolf, M. (2008). *Cómo aprendemos a leer. Historia y ciencia del cerebro y la lectura*. Barcelona: Ediciones B.S.A.
- Wolf, M. (2008). Cerebro de comprensión fluida (rutas dorsal y ventral) [Figura]. Recuperado de Wolf, M. (2008). *Cómo aprendemos a leer. Historia y ciencia del cerebro y la lectura*. Barcelona: Ediciones B.S.A.
- Wolf, M. (2008). Cronología de la lectura [Figura]. Recuperado de Wolf, M. (2008). *Cómo aprendemos a leer. Historia y ciencia del cerebro y la lectura*. Barcelona: Ediciones B.S.A.
- Wolf, M. (2008). Red de atención [Figura]. Recuperado de Wolf, M. (2008). *Cómo aprendemos a leer. Historia y ciencia del cerebro y la lectura*. Barcelona: Ediciones B.S.A.
- Wolf, M. (2008). La comprensión en los lectores expertos [Figura]. Recuperado de Wolf, M. (2008). *Cómo aprendemos a leer. Historia y ciencia del cerebro y la lectura*. Barcelona: Ediciones B.S.A.
- Wolf, M. (2008). Procesos visuales y auditivos [Figura]. Recuperado de Wolf, M. (2008). *Cómo aprendemos a leer. Historia y ciencia del cerebro y la lectura*. Barcelona: Ediciones B.S.A.
- Wolf, M. (2008). Cronología de la dislexia [Figura]. Recuperado de Wolf, M. (2008). *Cómo aprendemos a leer. Historia y ciencia del cerebro y la lectura*. Barcelona: Ediciones B.S.A.
- Woods, D.L., & Courchesne, E. (1986). The recovery function of auditory event-related potentials during split-second discriminations. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, *65*, 304–315.
- Wright, S.F., & Groner, R., eds. (1993). *Facets of dyslexia and its remediation*. Amsterdam: Elsevier.
- Yagi, Y., Coburn, K.L., Estes, K.M., & Arruda, J.E. (1999). Effects of aerobic exercise and gender on visual and auditory P300, reaction time, and accuracy. *European Journal Applied Physiology*, *80*, 402–408.
- Yamaguchi, S., & Knight, R.T. (1991) Age effects on the P300 to novel somatosensory stimuli. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, *78*, 297–301.
- Yamaguchi, S., & Knight, R.T. (1992) Effects of temporal-parietal lesions on the somatosensory P3 to lower limb stimulation. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, *84*, 139–148.
- Yeung, N., & Sanfey, A.G. (2004). Independent coding of reward magnitude and valence in the human brain. *Journal of Neuroscience*, *24*, 6258–6264.

Yap, R. & Van der Leij, A. (1993). Rate of elementary symbol processing in dyslexics. En S.F. Wright & R. Groner (eds.), *Facets of dyslexia and its remediation* (pp. 337–348). Amsterdam: Elsevier.

Zerbin-Rudin, E. (1967). Congenital word-blindness. *Bulletin of the Orton Society*, 17, 47–56.